



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

***“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE TOÑAMPARE DEL
CANTÓN ARAJUNO, PROVINCIA DE PASTAZA”***

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:

PAULO ROBERTO CALDERÓN ROBALINO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ser más grande de mi vida, mi madre Margarita por ser el pilar en mi vida, por su confianza, humildad, paciencia y el esfuerzo que ha hecho para que se cumplan mis metas.

A mi padre Francisco por su sabiduría, su apoyo moral, consejos de honestidad, perseverancia y fuerza para seguir adelante.

A mis hermanas por prestarme cada una su apoyo incondicional, por enseñarme con el ejemplo a llevar las situaciones de la mejor manera, a no decaer y así poder culminar esta etapa de mi vida.

Al Ing. Cesar Avalos, Director de tesis, por ser un guía a lo largo de la carrera, ya que a más de ser mi tutor ha sido un gran amigo de quien he aprendido mucho.

A la Ing. Mónica Andrade, Miembro de tesis, por dirigirme con sus conocimientos para la culminación de esta investigación.

A la empresa Cantárida a cargo del Ing. Fredy Razo, por prestarme el apoyo incondicional para la realización de este proyecto; además sin dejar de mencionar a mi querida Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en donde aprendí todos los saberes y forjé las herramientas que serán pilar para el camino al éxito profesional.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas y sobrinos, porque con su infinito aprecio, paciencia y generosidad, me han guiado por la senda correcta. Los quiero infinitamente, y todos mis logros son y serán gracias a ustedes y por ustedes.

A mi abuelita Mami Carmen porque me cuidó y se preocupó por hacer de mí una persona con ideales propios, estar siempre con alegría ante cualquier adversidad, ser tolerante, el respeto a la vida y ante todo a nuestros semejantes.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Dr. Silvio Álvarez L.

.....

.....

DECANO FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés A.

.....

.....

DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA

Ing. Cesar Avalos I.

.....

.....

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mónica Andrade

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Eduardo Tenelanda

.....

.....

COORDINADOR SISIB - ESPOCH

NOTA DE TESIS

.....

HOJA DE RESPONSABILIDAD

Yo, “Paulo Roberto Calderón Robalino, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la “**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

Roberto Calderón R.

INDICE DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

Am	Área del medio filtrante de cada unidad
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
As	Superficie del desarenador
Ca	Altura de la Capa de agua
Cs	Altura de la capa soporte
cmd	Caudal medio diario
CMD	Caudal máximo diario
B	Ancho del desarenador
Bl	Altura del Borde libre
Bu	Ancho de cada unidad del filtro
C	Concentración de la solución de Cloro
Cf	Concentración esperada en la solución diluida
CIA. LTDA.	Compañía limitada
D	Dosis de Cloro
Dppc	Dotación o ppc de agua
d	Días
ds	Diámetro de las partículas
F	Factor de fugas
Fc	Altura del fondo colector
GAC	Carbón Activado Granulado
g	Aceleración de gravedad
H	Profundidad del desarenador
h	Horas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
K	Coefficiente de mayoración
Kc	Coefficiente del mínimo costo
km	Kilómetros
L	Longitud del desarenador
Lf	Altura del Lecho filtrante

Lu	Largo de cada unidad del filtro
M	Cantidad de Cloro a dosificar
m	Metros
mg	Miligramos
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
min	Minutos
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
n	Período de tiempo
NPM	Número más probable
NTU	Unidad Nefelométrica de turbidez
Nu	Número de unidades del filtro
pH	Potencial Hidrógeno
ppm	Partes por millón
P	Peso del sólido de Hipoclorito de Calcio
Pa	Población actual
Pc	Profundidad de la caja filtrante
Pf	Población futura
ppc	Producción per-cápita
PVC	Policloruro de Vinilo
Q	Caudal de diseño
Q _{fuentes}	Caudal mínimo de la fuente y captación
QMH	Caudal máximo horario
r	Índice de crecimiento poblacional
Re	Número de Reynolds
s	Segundos
T	Temperatura
Tc	Tiempo de consumo
t	Tiempo
UFC	Unidades formadoras de colonias
Upt-co	Unidades Platino Cobalto
V	Volumen del tanque
Va	Velocidad de arrastre de partículas

V _d	Volumen de agua en disolución
V _F	Velocidad de filtración
V _h	Velocidad de escurrimiento horizontal
V _s	Velocidad de sedimentación
V _{sc}	Velocidad de sedimentación critica
V _R	Volumen de reserva
%	Porcentaje de Cloro activo en el producto
μm	Micrómetros
ρ _s	Densidad de la partícula
ρ	Densidad del agua
μ	Viscosidad cinemática del agua

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	XIX
ANTECEDENTES	XXI
JUSTIFICACIÓN	XXIII
OBJETIVOS	XXIV

CAPÍTULO 1

PARTE TEÓRICA

1. MARCO TEÓRICO	- 2 -
1.1. AGUA.....	- 2 -
1.1.1. EL AGUA EN LA SOCIEDAD	- 3 -
1.1.2. CALIDAD DE AGUA.....	- 3 -
1.1.3. AGUA POTABLE.....	- 4 -
1.1.4. FUENTES DE AGUA	- 5 -
1.1.4.1. ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS.....	- 6 -
1.1.4.2. ABASTECIMIENTOS SUPERFICIALES	- 7 -
1.1.5. IMPORTANCIA DE LOS EXÁMENES DE LABORATORIO	- 8 -
1.1.6. COMPONENTES FÍSICOS	- 9 -
1.1.7. COMPONENTES QUÍMICOS	- 10 -
1.1.8. MICROORGANISMOS	- 12 -
1.2. CONCEPTO DE DISEÑO	- 13 -
1.3. INFORMACIÓN SOBRE LA COMUNIDAD DE TOÑAMPARE	- 14 -
1.3.1. Localización.....	- 14 -
1.3.2. Topografía del sector	- 15 -
1.3.3. Climatología.....	- 15 -
1.4. PROCESO DE POTABILIZACIÓN.....	- 16 -
1.4.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN	- 16 -
1.4.2. DESARENACIÓN	- 16 -
1.4.2.1. Tanque de reserva y desarenador	- 17 -
1.4.3. PRECLORACIÓN.....	- 17 -
1.4.4. FILTRACIÓN.....	- 18 -
1.4.4.1. Elección del tipo de filtración	- 19 -
1.4.4.2. Carbón Activado	- 20 -
1.4.4.3. Filtro de carbón activado granulado	- 21 -

1.4.5. DESINFECCIÓN.....	- 21 -
1.4.5.1. Factores que influyen sobre la desinfección	- 22 -
1.4.5.2. Desinfectantes más comunes	- 23 -
1.4.6. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	- 24 -
1.5. DISEÑO DEL SISTEMA PARA POTABILIZAR EL AGUA.....	- 24 -
1.5.1. CAPTACIÓN DIRECTA	- 24 -
1.5.2. PRE-CLORACIÓN	- 25 -
1.5.2.1. Tubo Venturi.....	- 25 -
1.5.3. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR.....	- 28 -
1.5.3.1. Parámetros de diseño	- 28 -
1.5.3.2. Ecuaciones de diseño	- 28 -
1.5.3.3. Vista de un Desarenador	- 32 -
1.5.4. FILTRO LENTO DESCENDENTE.....	- 33 -
1.5.4.1. Parámetros de diseño	- 33 -
1.5.4.2. Ecuaciones de diseño	- 33 -
1.5.4.3. Filtro lento de 2 unidades.....	- 36 -
1.5.5. DESINFECCIÓN.....	- 36 -
1.5.6. ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	- 37 -

CAPÍTULO 2

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL	- 39 -
2.1. MUESTREO	- 39 -
2.1.1. Área de estudio	- 39 -
2.1.2. Recopilación de información	- 39 -
2.1.3. Procedimiento para la recopilación de información	- 40 -
2.1.4. Transporte y manipulación de muestras	- 40 -
2.2. METODOLOGÍA.....	- 40 -
2.2.1. Métodos de análisis de las muestras.	- 41 -
2.2.2. Técnicas de análisis de las muestras.	- 43 -
2.3. DATOS EXPERIMENTALES	- 55 -
2.3.1. Plan de tabulación y análisis	- 55 -
2.4. Caracterización del agua en su origen	- 55 -

CAPÍTULO 3

DISEÑO

3. DISEÑO.....	- 60 -
3.1. CALCULOS DE DISEÑO	- 60 -
3.1.1. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA	- 60 -
3.1.2. PROYECCIÓN DE CAUDAL REQUERIDO DENTRO DE 20 AÑOS ...	- 61 -
3.1.2.1. Dotación de agua o ppc.....	- 61 -
3.1.2.2. Caudales de diseño.....	- 62 -
3.1.2.3. Volumen total de reserva	- 63 -
3.1.2.4. Caudal de la fuente y captación	- 64 -
3.1.2.5. Cantidad de agua del arroyo en Toñampare	- 64 -
3.1.3. PRE-CLORACIÓN	- 65 -
3.1.4. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR.....	- 66 -
3.1.5. FILTRO LENTO DESCENDENTE.....	- 71 -
3.1.6. DESINFECCIÓN.....	- 72 -
3.2. RESULTADOS	- 74 -
3.2.1. PRE-CLORACIÓN	- 74 -
3.2.2. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR.....	- 74 -
3.2.3. FILTRO LENTO DESENDENTE	- 75 -
3.2.4. DESINFECCIÓN.....	- 75 -
3.2.5. ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA.....	- 75 -
3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y	- 76 -
3.4. PROPUESTA.....	- 78 -
3.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 79 -

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 83 -
4.1. CONCLUSIONES	- 83 -
4.2. RECOMENDACIONES.....	- 84 -
BIBLIOGRAFÍA	- 85 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Calidad microbiológica del agua	- 13 -
Tabla 1-2 Climatología de la zona	- 15 -
Tabla 1-3 Criterios de los procesos de la calidad de la fuente.....	- 20 -
Tabla 1-4 Desinfectantes para el agua potable	- 23 -
Tabla 1-5 Tasas de sedimentación para algunas partículas	- 29 -
Tabla 1-6 Eficiencia de remoción	- 33 -
Tabla 1-7 Número de unidades de filtración según el área.....	- 34 -
Tabla 1-8 Granulometría del lecho filtrante combinado.....	- 36 -
Tabla 2-1 Recolección de muestras	- 39 -
Tabla 2-2 Parámetros de caracterización fisico-química y microb. del agua	- 40 -
Tabla 2-3 Métodos de caracterización del agua.....	- 41 -
Tabla 2-4 Contaminación microbiológica	- 47 -
Tabla 2-5 Análisis Fisico-Químico del agua en la fuente de captación.....	- 55 -
Tabla 2-6 Análisis Microbiológico del Agua de la Fuente de Captación	- 56 -
Tabla 2-7 Parámetros físico-químicos fuera de norma	- 57 -
Tabla 2-8 Parámetros microbiológicos fuera de norma.....	- 57 -
Tabla 3-1 Cuadro de proyección de la población	- 60 -
Tabla 3-2 Determinación del caudal en la captación del agua	- 64 -
Tabla 3-3 Resultados para la pre-cloración	- 74 -
Tabla 3-4 Resultados Desarenador	- 74 -
Tabla 3-5 Resultados filtro lento descendente	- 75 -
Tabla 3-6 Resultados para desinfección	- 75 -
Tabla 3-7 Pruebas y análisis fisico-químicos	- 76 -
Tabla 3-8 Pruebas y análisis microbiológicos	- 77 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 TOÑAMPARE	- 14 -
Figura 2 TOPOGRAFIA DEL SECTOR.....	- 15 -
Figura 3 DIQUE CON TOMA DIRECTA	- 24 -
Figura 4 PROTECCIÓN DE ENTRADA A LA LINEA DE CONDUCCIÓN	- 25 -
Figura 5 TUBO VENTURI.....	- 26 -
Figura 6 DISPOSITIVO VENTURI.....	- 26 -
Figura 7 DESARENADOR	- 32 -
Figura 8 FILTRO LENTO DESCENDENTE	- 36 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico A Parámetros físico-químicos fuera de norma	- 57 -
Gráfico B Parámetros microbiológicos fuera de norma	- 58 -
Gráfico C Pruebas y análisis físico-químicos	- 76 -
Gráfico D Pruebas y análisis microbiológicos.....	- 77 -
Gráfico E Color aparente y Turbidez.....	- 80 -
Gráfico F Aerobios mezófilos, Coliformes fecales y Coliformes totales	- 81 -

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I Normas INEN	- 88 -
ANEXO II Parámetros de Calidad y Límites máximos Permisibles.....	- 98 -
ANEXO III Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua de la fuente de captación	- 88 -
ANEXO IV Resultados de los análisis físico-químicos del agua tratada con filtro de lecho combinado	- 100 -
ANEXO V Resultados del análisis microbiológico del agua tratada con una dosificación de cloro.....	- 101 -
ANEXO VI DISEÑO ARQUITECTÓNICO	- 102 -
ANEXO VII Análisis de Costos	- 103 -
ANEXO VIII ALTERNATIVA DE DISEÑO DE AGUA POTABLE	- 108 -
ANEXO IX Certificado de cumplimiento de obligaciones y existencia legal.....	- 109 -
ANEXO X Tratabilidad a nivel de laboratorio.....	- 110 -
ANEXO XI Comunidad de Toñampare.....	- 111-
ANEXO XII PLANOS DE LA PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	- 112 -

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1 Volumen de agua en disolución	- 27 -
Ecuación 1-2 Cantidad de Cloro a dosificar	- 28 -
Ecuación 1-3 Viscosidad cinemática	- 28 -
Ecuación 1-4 Velocidad de sedimentación	- 29 -
Ecuación 1-5 Número de Reynolds	- 30 -
Ecuación 1-6 Superficie del tanque desarenador	- 30 -
Ecuación 1-7 Ancho del desarenador	- 30 -
Ecuación 1-8 Longitud del desarenador	- 30 -
Ecuación 1-9 Velocidad de sedimentación crítica	- 31 -
Ecuación 1-10 Velocidad de sedimentación crítica	- 31 -
Ecuación 1-11 Velocidad de escurrimiento horizontal	- 31 -
Ecuación 1-12 Velocidad de arrastre de las partículas	- 31 -
Ecuación 1-13 Profundidad del desarenador	- 32 -
Ecuación 1-14 Tiempo de retención del desarenador	- 32 -
Ecuación 1-15 Área del medio filtrante de cada unidad	- 34 -
Ecuación 1-16 Coeficiente de mínimo costo	- 34 -
Ecuación 1-17 Largo de cada unidad	- 34 -
Ecuación 1-18 Ancho de cada unidad	- 35 -
Ecuación 1-19 Profundidad de la caja filtrante	- 35 -
Ecuación 1-20 Volumen de almacenamiento	- 37 -
Ecuación 3-1 Cuadro de proyección de la población	- 60 -
Ecuación 3-2 Caudal medio diario	- 62 -
Ecuación 3-3 Caudal máximo diario	- 62 -
Ecuación 3-4 Caudal máximo horario	- 63 -
Ecuación 3-5 Caudal de la fuente de captación	- 64 -
Ecuación 3-6 Caudal	- 65 -
Ecuación 3-7 Tiempo de consumo de la solución	- 66 -

RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la comunidad de Toñampare del cantón Arajuno, provincia de Pastaza, que beneficiará a los habitantes del sector y mejorará su calidad de vida.

Para el desarrollo del sistema primeramente se tuvo que encontrar una fuente de agua a la cual se le realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos dando parámetros que están fuera de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 como: Color Aparente, Turbidez, Coliformes fecales, Coliformes totales y Aerobios mezófilos. Para el diseño del sistema se aplicó la dotación de 100 L/h/d para comunidades de la Región Oriental, con un total de 1236 habitantes proyectado a 20 años, tiempo de vida útil del sistema con un caudal máximo horario de 4,98 L/s.

Analizados los estudios realizados y los análisis de laboratorio, se desarrolló el diseño del sistema para potabilizar el agua de arroyo que consiste en: captación simple del agua cruda mediante un dique y una tubería protegida con mallas, seguido de una Pre-cloración con Tubo Venturi; el agua llegará a un tanque de reserva y desarenador, luego pasará a un Filtro Lento Descendente de 2 unidades cuyo lecho filtrante de cada unidad es combinado (grava, arena y carbón activado) y, por último, pasará por una desinfección mediante Tubo Venturi para ser almacenada en un tanque de agua tratada. Con este sistema se reducirá el Color Aparente, la Turbidez, los Coliformes y los Aerobios mezófilos.

Se concluye que el sistema de tratamiento diseñado para potabilizar el agua de arroyo, garantizará agua potable de calidad conforme a la norma estipulada del país, beneficiando a los habitantes de la comunidad y mejorando su calidad de vida.

Se recomienda implementar el sistema de tratamiento para potabilizar el agua de arroyo y de esta manera garantizar su consumo en la comunidad de Toñampare, aprovechando los recursos hídricos de la zona.

SUMMARY

It was carried out the design of a treatment system for making drinkable water in the community Toñampare, Arajuno Canton, Province of Pastaza, which will benefit the residents of the area and improve their quality of life.

For the development of the system it was necessary from the very beginning to find a source of water to which physical-chemical and microbiological analyzes underwent, giving parameters that are outside the Ecuadorian Technical Standard INEN 1108 as apparent color, turbidity, fecal coliforms, total coliforms, Aerobic and mesophyll organisms. In designing the system the amount of 100 L/h/d was applied to communities in the Eastern Region, with a total of 1236 people projected to 20 years lifetime of the system with a maximum flow rate schedule of 4,98 L/s.

Analyzed studies and laboratory analysis, system design was developed to purify water stream consisting of: Simple capture of raw water through a dike and protected mesh, followed by Prechlorining phase by Venturi Pipe; water will reach a reserve tank and sand trap, then pass to a 2 units Slow Down Filter whose filtering bed is combined (gravel, sand and activated carbon) and finally go through a Venturi Pipe for disinfection and to be stored in a tank of treated water. With this system the apparent color, turbidity, Coliform and Aerobic mesophylls will be reduced.

We conclude that the system designed to purify stream water, ensure quality drinking water in accordance whit the standard set of the country, benefiting the residents of the community and quality of life is improving.

It is recommended to implement the treatment system for drinking water stream and thereby ensure its consumption by Toñampare community inhabitants, building on the water resources of the area.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que está entre las necesidades que debe satisfacer el hombre porque es importante tanto el sostenimiento de la salud y vida humana como para el bienestar de la comunidad en su uso doméstico, comercial, industrial y el desarrollo sociocultural.

El proyecto de potabilizar el agua de arroyo que ingresa a la comunidad de Toñampare está a cargo de la empresa constructora CANTÁRIDA CIA. LTDA., la cual realiza proyectos civiles en las comunidades de la nacionalidad Waorani de la Amazonía ecuatoriana dando prioridad a la calidad y cantidad de agua.

La calidad del agua depende de su origen y composición donde tiene características físico-químicas y microbiológicas. Muchos factores producen variaciones en la calidad del agua que se obtiene en la fuente con variaciones al absorber sustancias en forma de soluciones o tenerlas en forma de suspensiones. Las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas son factores importantes para determinar la calidad del agua.

Para esto se ha diseñado una planta de tratamiento para potabilizar el agua de arroyo en la comunidad de Toñampare, con el método más adecuado, de la cual obtendremos agua en condiciones óptimas lista para ser utilizada. Las operaciones a nivel de proceso conlleva algunos pasos importantes: la captación, pre-cloración, tanque de reserva y desarenador, filtración lenta descendente, la desinfección y el almacenamiento del agua tratada. El agua cruda al ser tratada adquiere nuevas características que cumplen con las normas de calidad de agua potable, que a nivel local es la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108.

La finalidad de este proyecto es obtener agua de buena calidad apta para el consumo humano, para esto se ha realizado un estudio de los métodos factibles de potabilización y el análisis del agua que se va a tratar, con el sistema adecuado y que nos ayude a optimizar recursos. Tenemos los métodos cuantitativos y experimentales con una

caracterización del agua cruda en la fuente de captación y luego del sistema del tratamiento diseñado con técnicas normalizadas para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN Y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN.

ANTECEDENTES

Toñampare es una comunidad que se encuentra en el cantón Arajuno, provincia de Pastaza en las coordenadas S01°13.140 W077°23.040 con una elevación de 336m, goza de un clima cálido húmedo con una temperatura media anual estimada de 25 °C en la selva Amazónica, pueblo que apenas tiene 50 años de contacto con la cultura Occidental. La comunidad está situada a 30 minutos de Shell en avioneta y entre 6 a 8 horas en canoa dependiendo el estado del río. No existen vías terrestres de acceso.

La distribución de las lluvias en el año establece la estación de invierno en el período comprendido entre los meses de Marzo a Agosto, y la estación de verano entre los meses de Septiembre a Febrero, aunque en la realidad ha cambiado mucho el clima, las lluvias se están alejando y no mantienen el mismo ordenamiento de años anteriores.

La topografía del terreno alledaño a las zonas de estudio tiene características planas con niveles comprendidos los 280 m.s.n.m. y colinas que alcanzan hasta los 380 metros de elevación.

El sistema de abastecimiento de agua para la comunidad es generado en un punto o bocatoma de un arroyo ubicado a 1 km hacia el nororiente que es transportado por gravedad desde un primer tanque de almacenamiento que posteriormente es transportado a los tanques de almacenamiento ubicados en la parte anterior de la comunidad a través de tubería de PVC.

No existe un tratamiento adecuado para el consumo del agua ya que los tanques de almacenamiento cuenta con un filtro purificador que no es suficiente, no está en buenas condiciones ni cumple los parámetros de calidad que se necesitan.

La Comunidad de Toñampare con respecto al agua potable, no posee un sistema de tratamiento para potabilizar el agua, afectando la salud de los habitantes del sector. Por tal razón se realiza un diagnóstico de los parámetros del agua del arroyo que se va a

tratar y comparar con los parámetros establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana para así poder conservar el ambiente y la salud de la población.

Para este diseño se realizarán análisis donde aplicaremos muestreos de los efluentes del riachuelo para poder utilizar estos recursos y dar soluciones en la calidad del agua, además de la satisfacción primordial de los usuarios.

JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades producidas por el consumo de agua no potable como el cólera, malaria y principalmente parasitosis, entre otras, son los problemas que tiene la comunidad de Toñampare, siendo los más afectados los habitantes del sector ya que el agua es el recurso natural renovable más importante para el sostenimiento de la vida humana.

La población actual es de 600 habitantes de acuerdo al censo realizado en el 2013 por la empresa CANTÁRIDA CIA. LTDA., y se estima que para el 2034, con una tasa de crecimiento poblacional de 3,5 existirán aproximadamente 1236 habitantes.

La empresa CANTÁRIDA CIA. LTDA. está a cargo de los proyectos de la comunidad Waorani, como construir los sistemas de tratamiento para el agua potable tanto para la población, como para la escuela del milenio “Toñampare”; empresa que está encargada de brindar un servicio básico como el agua potable apta para el consumo, donde ésta pueda cumplir con los parámetros mínimos necesarios con el fin de mejorar la calidad de vida de los pobladores, por lo cual la empresa constructora está empeñada en desarrollar estos proyectos que ayudarán a cumplir esta meta como es el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE TOÑAMPARE DEL CANTÓN ARAJUNO, PROVINCIA DE PASTAZA”

Para el diseño de los diferentes procesos y operaciones físicas convenientemente dispuestas y en sucesión adecuada, que tienen la finalidad de transformar el agua cruda en agua de calidad garantizada apta para el consumo humano desde el punto de vista organoléptico, que sea agradable a los sentidos, libre de sustancias tóxicas y sin la presencia de agentes patógenos que afecten a la salud, cumpliendo los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Requisitos del agua potable Ecuador) y dentro de las Normas de Diseño para Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, Documento Técnico No. 01-NT. del MIDUVI.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

“Diseñar un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la comunidad de Toñampare del cantón Arajuno, provincia de Pastaza”

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el estado actual del agua realizando pruebas físico-químicas y microbiológicas.
- Plantear alternativas de viabilidad técnica para diseñar sistemas óptimos de tratamiento de aguas, basados en el análisis de las pruebas de tratabilidad y mediciones realizadas.
- Dimensionar las diferentes operaciones adecuadas a nivel de proceso que formarán parte del sistema de tratamiento para potabilizar el agua de arroyo.
- Realizar la caracterización del agua luego del sistema del tratamiento diseñado.

CAPÍTULO I

PARTE TEÓRICA

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGUA

El agua es un componente esencial de la estructura y el metabolismo de los seres vivos y además, es el compuesto más abundante en nuestro planeta.

Necesitamos el agua dulce para numerosas actividades (beber, preparar las comidas, lavar, irrigar cultivos). También hay agua almacenada como hielo en los polos. Sin agua, no existiría la vida como la conocemos.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación. De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada.

No es usual encontrar el agua pura en forma natural, aunque en el laboratorio puede llegar a obtenerse o separarse en sus elementos constituyentes, que son el Hidrógeno (H) y el Oxígeno (O). Cada molécula de agua está formada por un átomo de Oxígeno y dos de Hidrógeno, unidos fuertemente en la forma H-O-H.

En nuestro planeta las aguas ocupan una alta proporción en relación con las tierras emergidas, y se presentan en diferentes formas:

Como se indica:

- a) **Mares y océanos**, que contienen una alta concentración de sales y que llegan a cubrir un 71% de la superficie terrestre;
- b) **Aguas superficiales**, que comprenden ríos, arroyos, lagunas y lagos;
- c) **Aguas del subsuelo**, también llamadas aguas subterráneas, por fluir por debajo de la superficie terrestre.

Aproximadamente 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos terceras partes se encuentra congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas.

1.1.1. EL AGUA EN LA SOCIEDAD

El agua desde los albores de la civilización ha sido fundamental no solo para la subsistencia sino también para el desarrollo de diversas actividades, sobretodo económico. El agua es imprescindible para el desarrollo de la agricultura, siendo utilizada principalmente para sistemas de riego. Las industrias requieren el agua (sobre todo en forma de vapor de agua) para llevar a cabo el proceso de producción. El agua se utiliza también como medio de navegación para el transporte tanto de personas como productos. Y además el agua es utilizada por las centrales hidroeléctricas para la obtención de energía.

Ya desde hace 4500 años se construían canales para el abastecimiento del agua. En los últimos siglos debido a la industrialización y al crecimiento demográfico se tuvo que implementar otro sistema para el abastecimiento del agua capaz de potabilizar el agua. Como dijo Jaques Cousteau “la calidad de vida de un pueblo se puede conocer a través de la calidad de sus aguas”.

1.1.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, esta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro

extremo, los cursos de agua que discurren sobre sustratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable a sílice.

El agua presenta diversas condiciones de calidad: las aguas superficiales son por lo general más turbias que las aguas subterráneas y tienen un mayor número de bacterias que éstas. Pero las aguas subterráneas concentran una mayor cantidad de productos químicos en disolución aunque no supera a la cantidad de productos químicos y microorganismos que tiene el agua de mar.

La pureza del agua se puede comprobar por la cantidad de capas de sedimentos que esta atraviese, ya que las capas de sedimentos retienen las impurezas.

La cantidad y temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

1.1.3. AGUA POTABLE

“Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas, han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”⁽¹⁾, y que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

“Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una

⁽¹⁾ Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2010

simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, etc.

Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas.

Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un stripping de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados.

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, estas guías son también aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano, no obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Puede ser preciso que las personas con inmunodeficiencia grave tomen precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de bebida normalmente no sería preocupante. El agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.”⁽²⁾

Para que el agua que captamos en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable.

⁽²⁾ Guías de Calidad de Agua Potable. OPS. Tercera Edición. 2006

1.1.4. FUENTES DE AGUA

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, precipitación y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su “fuente” original, lo cual depende de la forma que se disponga de las aguas de desperdicio.

Para el abastecimiento público de agua se usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos. Las razones para elegir uno u otro son muchas, e incluyen consideraciones tales como la calidad, la calidad disponible, la seguridad del abastecimiento y el costo de construcción y operación.

1.1.4.1. ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS

a) Pozos poco profundos

Aunque no existe un límite exacto que distinga entre pozos poco profundos y pozos profundos, usualmente se clasifican como “poco profundos” aquellos cuya profundidad es menor de 30 metros y como “profundos” aquellos cuya profundidad es superior a dicho límite. Los pozos poco profundos pueden ser cavados o entubados.

El diámetro de los pozos poco profundos por lo general va de 1,20m a 1,80m, excavados desde la superficie del suelo hasta encontrar el manto acuífero.

b) Pozos profundos

Cuando el suelo situado encima de las formaciones rocosas no contiene agua, los pozos deben perforarse ya sea dentro de las rocas para extraer el agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.

Ante tales circunstancias, o cuando solamente se puede disponer de agua de los estratos profundos, se hacen pozos perforados. Comúnmente los pozos perforados son de 15 a 30 cm de diámetro, pero pueden ser mayores.

c) Manantiales

Aparecen donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie de terreno, o donde las fisuras de la roca “afloran” a la superficie, en condiciones tales que el agua subterránea es forzada a través de las grietas.

1.1.4.2. ABASTECIMIENTOS SUPERFICIALES

a) Ríos

Los abastecimientos de agua de los ríos requieren de lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad, o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro. La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla inestable, especialmente durante los meses calurosos de verano.

Aunque no siempre sucede así, a menudo el abastecimiento de río se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras. Por otro lado, el abastecimiento de río tiene la ventaja, sobre el tipo de abastecimiento de embalses, de que la inversión que debe hacerse en la planta de tratamiento es menor, porque no se requiere construir costosos muros de retención, ni canales ni grandes extensiones de terreno, ni adquirir derechos sobre el agua.

b) Lagos naturales

Los lagos pueden proporcionar agua de calidad excepcionalmente buena, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes.

Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de agua prácticamente ilimitadas constituye una ventaja decisiva.

c) Embalses

La cantidad de agua que lleva una corriente está sujeta a muy grandes variaciones de un día a otro, así como durante las diferentes épocas del año.

Cuando el consumo de agua es mayor, o incluso cercano al caudal de la corriente, puede ser necesario construir represa, creando así un embalse para almacenar agua durante la temporada de lluvias, la cual será utilizada durante la subsecuente época de estiaje. Los embalses tienen, además, la ventaja de eliminar la mayor parte de lodo o enturbiamiento del agua, por sedimentación, durante el almacenamiento. Puede haber ventajas adicionales, tales como la disminución de bacterias, y también desventajas, como la producción de olores y sabores debido a algas.

d) Arroyos

Corriente natural de agua que normalmente fluye con continuidad, pero que a diferencia de un río, tiene escaso caudal, que puede incluso desaparecer en verano, dependiendo de la temporada de lluvia para su existencia. Un arroyo se divide en: meandro, cuenca de recepción, canal de desagüe y cono de deyección.

1.1.5. IMPORTANCIA DE LOS EXÁMENES DE LABORATORIO

Los exámenes del agua en el laboratorio se llevan a cabo por muchos motivos. Probablemente el más frecuente es el de ayudar a fomentar una opinión acerca de lo adecuado que sea el agua de un abastecimiento para el uso público. Esto implica considerar diversos factores; si es de confianza para el consumo humano, según lo revela la presencia o ausencia de contaminación, si es corrosiva para la tubería metálica o es capaz de formar incrustaciones en sistemas de agua fría o caliente; si es agradable en su apariencia y sabor; si es satisfactoria para usarse en el lavado doméstico de ropa y

loza; o si puede usarse para fines industriales. Son esenciales los análisis rutinarios de laboratorio para controlar los procesos de tratamiento de agua y garantizar un efluente satisfactorio en todo momento. Las diferentes pruebas son realmente recursos que completan y amplifican los sentidos humanos.

Los exámenes de laboratorio pueden clasificarse en: exámenes físicos, análisis químicos, exámenes bacteriológicos y exámenes microscópicos. Las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos. Los análisis químicos determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afecte su calidad, proporcionando datos acerca de contaminaciones o mostrando las variaciones ocasionadas por el tratamiento, lo cual es indispensable para controlar un proceso de tratamiento de agua. Los exámenes bacteriológicos indican la presencia de bacterias características de la contaminación y consiguientemente la calidad de agua para consumo. Los exámenes microscópicos proporcionan información relativa de las proliferaciones en el agua que frecuentemente son los que causan sabores y olores desagradables u obstrucción de los filtros.

1.1.6. COMPONENTES FÍSICOS

Las características físicas son turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

- a) **Los sabores y olores:** Se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. El color debido a minerales como Hierro y Manganeso, materia orgánica y residuos coloridos. La presencia de turbidez, indica que el agua puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión.
- b) **Turbiedad:** Forma indirecta de medir la concentración de las partículas coloidales y suspendidas en un líquido. Es importante considerarla porque:
 - No tiene efectos sobre la salud pero afecta la calidad estética del agua pudiendo ocasionar rechazo por el consumidor.

- Determina el sistema de tratamiento más adecuado en cuanto a filtrabilidad.
 - Las partículas presentes reducen la eficiencia del proceso de desinfección protegiendo a microorganismos de un contacto directo.
 - La determinación de la turbiedad a la entrada y salida del proceso de tratamiento sirve para cuantificar la eficiencia remocional del mismo facilitando el control del proceso.
- c) **Color:** Incide sobre el aspecto estético del agua, quitándole transparencia. Se debe a taninos, lignina, ácido húmico, polisacáridos y ácidos grasos, entre otros; extracción acuosa de sustancias de origen vegetal vivo, materia orgánica del suelo, hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.
- d) **Olor y sabor:** Se deben al plancton, compuestos orgánicos generados por bacterias y algas, vegetación en putrefacción y a desechos domésticos e industriales.
- e) **Temperatura:** Retarda o acelera la actividad biológica, absorción de oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera por el agua, influye en la proliferación de algas, precipitación de compuestos, procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección por cloro.

1.1.7. COMPONENTES QUÍMICOS

Pueden ser de origen natural o industrial y serán beneficiosos o nocivos de acuerdo a su composición y concentración.

- a) **Potencial hidrógeno, pH.:** Expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, mediante la concentración del Ion Hidrógeno, juega un papel importante en la coagulación, desinfección por cloro, ablandamiento y el control de corrosión.

- b) **Alcalinidad:** Presencia en el agua de iones, que pueden reaccionar con ácidos, neutralizándolos. Se debe a bases fuertes que llegan a las aguas naturales por contaminación por desechos industriales.

Originan precipitación de sales de calcio en tuberías, aunque la alcalinidad natural presente en el agua cruda es suficiente para realizar una buena floculación; sin embargo si esta es baja, debe recurrirse a la adición de un alcalinizante primario para incrementarla.

- c) **Dureza:** Forma depósitos en las tuberías, obstruyéndolas. Se puede considerar como blanda un agua con menos de 100 mg/L de dureza como CaCO_3 , medianamente dura de 100 a 200 mg/L, dura de 200 a 300 mg/L.
- d) **Detergentes:** Agentes espumantes debido al residuo de detergentes domésticos, causan masas de espuma en el agua cruda, y tienden a dispersar sustancias no solubles, interfiriendo con los procesos de coagulación y sedimentación.
- e) **Aceites y grasas.:** Genera problemas de olor y sabor, deteriora la calidad estética y puede ser un riesgo potencial para la salud.
- f) **Hierro y Manganese.:** Afectan el sabor, produce manchas durables en aparatos sanitarios, interfiere en el lavado de ropa y causa obstrucciones y alteraciones en la turbiedad y el color.
- g) **Sulfatos:** Tienen efectos sobre el sabor, mal olor y disminuye el pH, aumentando su poder corrosivo, son laxantes simultáneamente con el manganeso y el sodio. Si además hay presencia de calcio o magnesio, los sulfatos reaccionan con éstos formando incrustaciones duras en tuberías y artefactos.
- h) **Zinc:** Su presencia comunica un sabor astringente, opalescencia y depósitos similares a la arena.

- i) **Cobre:** Produce sabor astringente y color, favorece la corrosión, puede originar problemas de sabor.
- j) **Nitratos:** Un contenido de nitrato mayor de 10 mg/L, puede ocasionar enfermedades, los nitritos tienen una toxicidad mayor que afecta al hombre.
- k) **Fluoruros:** Si el contenido de flúor excede el límite, el esmalte dental puede adquirir unas manchas color marrón permanente, y si es inferior no ejerce protección contra la caries.

1.1.8. MICROORGANISMOS

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando de las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica. Del reino vegetal, los microorganismos más importantes son las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

Del reino animal, los protozoarios, moluscos, artrópodos platelmintos, helmintos. Así como el plancton que tiene importancia para juzgar la calidad sanitaria del agua.

Las algas constituyen una de las principales causas de sabor y olor desagradables en las aguas, los microorganismos ejercen dos tipos de influencia con respecto a la producción de turbiedad y color. Primero, debido a su presencia como partículas en suspensión o como productores de pigmentos solubles, y segundo, indirectamente por la interferencia que causan en los procesos, ya sea por alteración del pH, aumento de lodos sedimentados u obstrucción de los filtros.

Así el agua potable, debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos que contiene.

- a) **Coliformes:** Organismos patógenos indicadores de contaminación productores de enfermedades.

El grupo de coliformes totales, incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. El género *Escherichia*, especie *E. coli*, población de bacterias Coliformes más representativas de contaminación fecal, aunque el género *Aerobacter* y algunas *Escherichia* pueden crecer en el suelo.

Los métodos bacteriológicos utilizados para detectar la presencia en el agua son el recuento en placa para determinar el número de colonias, filtro membrana entre otros.

Tabla 1-1
Calidad microbiológica del agua

CALIDAD DE AGUA	Número de gérmenes/ml
Excesivamente pura	0 a 10
Muy pura	10 a 100
Pura	100 a 1000
Medianamente pura	1000 a 10000
Impura	10000 a 100000
Muy impura	Más de 100000

Fuente: Romero J; Calidad del agua

1.2. CONCEPTO DE DISEÑO

El diseño se entiende como el desarrollo de una estructura o un sistema, que sea portador de características deseadas (particularmente funciones) y que logra básicamente por la transformación de información sobre condiciones, necesidades, demandas, requisitos y exigencias, en la descripción de una estructura capaz de satisfacer esas demandas; que pueden incluir no solo deseos del cliente, sino también

requisitos de todo el ciclo de vida, esto es, de todos los estados intermedios por los que pasa el producto.

1.3. INFORMACIÓN SOBRE LA COMUNIDAD DE TOÑAMPARE

1.3.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto se ejecutará en la comunidad de Toñampare del cantón Arajuno, provincia de Pastaza, ubicado en las estribaciones del rio Curaray en las coordenadas S01°13.140 W077°23.040 con una elevación de 336m como se muestra en la figura 1.

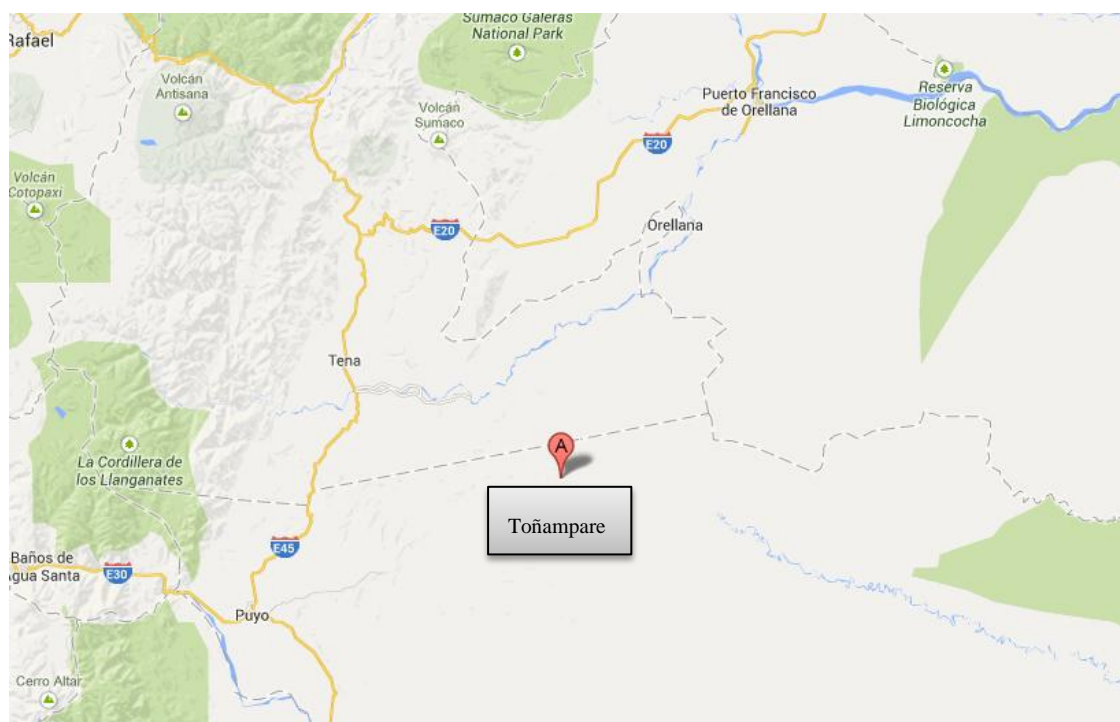


Figura 1 TOÑAMPARE

1.3.2. TOPOGRAFÍA DEL SECTOR

La topografía del terreno alrededor a las zonas de estudio tiene características planas con niveles comprendidos los 280 m.s.n.m. y colinas que alcanzan hasta los 380 metros de elevación como nos indica la figura 2.



Figura 2 TOPOGRAFIA DEL SECTOR

1.3.3. CLIMATOLOGÍA

El clima cálido húmedo, la distribución de las lluvias en el año establece la estación de invierno en el período comprendido entre los meses de Marzo a Agosto, y la estación de verano entre los meses de Septiembre a Febrero, aunque en la realidad ha cambiado mucho el clima, las lluvias se están alejando y no mantienen el mismo ordenamiento de años anteriores.

**Tabla 1-2
Climatología de la zona**

Precipitación media anual	1920,00 mm
Humedad relativa	90%
Temperatura máxima absoluta	36 Grados
Temperatura media	25 Grados
Temperatura mínima	18 Grados

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

1.4. PROCESO DE POTABILIZACIÓN

1.4.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua está formado esencialmente por: la fuente de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación.

En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas (acuíferos).

1.4.2. DESARENACIÓN

La desarenación tiene por objetivo la retención, en corto tiempo, los sólidos más pesados que se encuentran en el agua, como arena, grava, lodo y adicionalmente los sólidos flotantes (basuras). El propósito es reducir el volumen de sólidos que ingresan a la planta, eliminar interferencias en los procesos y operaciones siguientes y evitar daños u obstrucciones en tuberías y equipos.

Con la desarenación baja la turbiedad del agua y así empieza su clarificación. Son muchos los factores que influyen en este proceso pero las principales son los que se exponen a continuación:

- Tamaño y peso de las partículas.
- Resistencia a la fricción del agua.
- Profundidad del estanque.
- Sistema de entrada y de salida del agua.

- Métodos de operación en el decantador.
- Tiempo de retención.

1.4.2.1. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR

La desarenación se lleva a cabo en una estructura de la planta de tratamiento denominado desarenador que se encuentra a la entrada de la planta o cerca de la bocatoma. El desarenador es un tanque construido en concreto o ladrillo, de forma alargada o rectangular, en el cual se puede decantar la arena, grava y otras partículas finas que pueda tener el agua.

El decantador tiene cuatro zonas que son:

- a) Una cámara de aquietamiento, en ella se reduce la velocidad que trae el agua a través de la conducción.
- b) Una zona de decantación o sedimentación, en donde las partículas pueden llegar al fondo del desarenador y sedimentarse allí.
- c) Una zona de salida.
- d) Una zona de depósito que consiste en una tubería y un canal por el cual se evacua o purga material sedimentado.

1.4.3. PRECLORACIÓN

En este caso la cloración es el primer tratamiento que se aplica al agua. De esta forma se logrará mejorar:

- a. El funcionamiento de los filtros ya que se reduce y ecualiza la cantidad de microorganismos y algas.

- b.** La eliminación de compuestos generadores de sabor, olor y color por medio de la oxidación de los mismos.

Además, este agregado inicial de cloro sirve como barrera de protección adicional cuando las fuentes de agua están contaminadas, lo que permite trabajar con niveles de cloro residual mucho más bajos en las redes de distribución. Como con esta práctica lo que se persigue es alcanzar el máximo tiempo de contacto posible a lo largo de toda la planta potabilizadora, normalmente se prefiere agregar el cloro en el canal de aducción.

Esta práctica exige un cuidadoso control para mantener el nivel de cloro residual apropiado (libre o combinado) para alcanzar el objetivo preestablecido, ya que no ser así, no sólo se perderían las ventajas antes mencionadas sino que, además, se debe minimizar la formación de subproductos de la desinfección.

Esto ha llevado a que la pre-cloración como método para eliminar olores, hierro, manganoso, o para controlar crecimiento microbiológico en las unidades de tratamiento, se haya ido sustituyendo poco a poco por oxidantes alternativos.

1.4.4. FILTRACIÓN

Una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de las aguas fue la de filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, es posible eliminar impurezas existentes y reducir drásticamente la cantidad de personas padeciendo enfermedades como el cólera.

De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones. En estos filtros, se desarrollan bacterias colaboradoras útiles para la eliminación de parásitos causantes de enfermedades que podrían tener las aguas turbias a filtrar. Los elementos que intervienen en la filtración son:

- Un medio filtrante.

- Un fluido con sólidos en suspensión.
- Una fuerza, la gravedad que obligue al fluido a avanzar.
- Un dispositivo mecánico, llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza.

1.4.4.1. ELECCIÓN DEL TIPO DE FILTRACIÓN

La elección entre los diversos tipos de filtración sobre soporte y la filtración sobre lecho filtrante, depende de diversos criterios:

- Características del líquido a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo.
- Calidad del filtrado que debe obtenerse y tolerancias admitidas.
- Calidad del aglomerado de las materias retenidas, si se tiene como fin su recuperación.
- Condiciones de instalación.

Las diversas soluciones se diferenciarán en los gastos de instalación y en los gastos de explotación, estando éstos, además, relacionados con las condiciones del líquido a filtrar, la forma de lavado, el grado de automatismo y de control, etc.

En la elección de un filtro es tan importante la posibilidad de un lavado fácil, eficaz y económico, como la obtención de la mejor calidad de agua filtrada, ya que esta última sólo se obtendrá, de forma constante, si el lavado mantiene siempre intacto el material filtrante.

Tabla 1-3
Criterios de los procesos de la calidad de la fuente

ALTERNATIVAS	Límites de calidad del agua cruda aceptables		
	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento de arena (FLA) solamente	To ≤ 50 UNT Co ≤ 50 UC Cf ≤ (10) ⁴ /100 ml	To ≤ 20 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 100 UNT
FLA + prefiltro de grava (PG)	To ≤ 100 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ (10) ⁴ /100 ml	To ≤ 60 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 150 UNT
FLA + PG + sedimentador (S)	To ≤ 300 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ (10) ⁴ /100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 500 UNT
FLA + PG + S + presedimentador	To ≤ 500 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ (10) ⁴ /100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 1000 UNT

Fuente: Manual técnico del agua, Degremont

1.4.4.2. CARBÓN ACTIVADO

“El carbón activado en el filtro ha sido cargado con electricidad que le permitirá atraer compuestos que contienen átomos de carbono, también conocidos como compuestos orgánicos. Este carbono cargado atrae sólo a los compuestos orgánicos u otros contaminantes cargados y los mantiene en el filtro cuando el agua pasa a través del mismo. Al no permitir que los contaminantes pasen con el agua, se quedarán en el filtro hasta que lo tires e instales uno nuevo.

Debido a que muchos contaminantes que pueden estar en el agua tienen una carga positiva, ellos serán atraídos por la carga eléctrica negativa del carbón activado.

También, ya que el carbón activado tiene un área de superficie grande, puede atraer y retener a la mayoría de los contaminantes orgánicos que pasan. El carbón activado en sí no altera el sabor del agua, pero puede mejorar el sabor mediante la eliminación de los compuestos orgánicos que pueden darle al agua un mal sabor u olor.”⁽³⁾

⁽³⁾ <http://es.scribd.com/doc/215362314/Carbon-activado-docx>

La adsorción con carbón activo consiste en retirar del agua las sustancias solubles mediante el filtrado a través de un lecho de este material, consiguiéndose que los oligominerales pasen a través de los microporos, separando y reteniendo en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados.

1.4.4.3. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO GRANULADO

Cuenta con pequeñas partículas de carbono que varían en tamaño según la marca o modelo. Un filtro GAC quitará la mayor parte de los mismos contaminantes que otros filtros de carbón activado también capturan. Una desventaja del filtro GAC es que las pequeñas partículas de carbón activado podrían pasar al agua a medida que se filtra. El filtro GAC es similar a los otros tipos de filtros de carbón activado, pero puede ser ligeramente menos eficaz. Equilibra esta desventaja al ser menos costoso.

1.4.5. DESINFECCIÓN

La calidad microbiológica del agua potable se puede mejorar considerablemente protegiendo la fuente y tratando el agua cruda, en particular si se emplea el filtrado lento de arena. Sin embargo en los casos en los que las aguas crudas no son de buena calidad, es indispensable aplicar alguna forma de desinfección para poder tener la seguridad de que el agua es inocua desde el punto de vista microbiológico.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos; entre los métodos químicos figura el Hipoclorito Cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) es un sólido blanco con contenido entre el 20 y el 70% de Cloro activo. Es muy corrosivo y que puede inflamarse al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos. Sin embargo, presenta dos ventajas respecto al Hipoclorito Sódico: su mayor contenido en Cloro y su mayor estabilidad. Para ser utilizado, se diluye con agua para obtener una solución de concentración más manejable, por ejemplo, 3%.

1.4.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA DESINFECCIÓN

A continuación se discuten algunos de los factores más importantes que influyen sobre el Cloro residual deseado.

a. “Tiempo y concentración

Estos dos factores deben considerarse como mutuamente ligados, pues, por medio de ambos, se toma en consideración la duración del período de reacción disponible para la desinfección, así como la cantidad y clase de Cloro residual. Si tiene que confiarse en el Cloro combinado, que es el desinfectante débil, debe proporcionarse una mayor concentración actuando durante un tiempo mayor. Por otro lado, si se va a mantener Cloro residual libre, el cual es un desinfectante activo, entonces el período de reacción puede ser proporcionalmente menor. La experiencia ya ha demostrado que un Cloro residual libre de 0,05 mg/L, con un período de reacción de 10 min a un pH de 7,0 matará las bacterias igual que un Cloro residual combinado de 0,6 mg/L con un período de reacción de 60 min. Cuando el tiempo de reacción de que se disponga, desde el momento de aplicación hasta el momento que se consuma el agua, sea corto, digamos de unos cinco minutos un Cloro residual libre disponible de 0,05 proporcionará una desinfección eficaz, a no ser que se use un Cloro residual combinado del orden de 1,8 a 2,0 mg/L, siendo iguales los otros factores.

b. Temperatura

La temperatura del agua afecta sensiblemente la acción desinfectante del Cloro residual. Para lograr la misma acción bactericida con una temperatura de 4,5 °C, en comparación con la temperatura de 21 °C, siendo iguales todos los demás factores, la concentración del Cloro residual combinado debe ser más del doble de la concentración del Cloro residual libre.

c. pH

Como ya se ha dicho antes, el pH del agua afecta la acción desinfectante del Cloro, particularmente la del Cloro residual combinado. A un pH de 6,5 y una temperatura de 21 °C, 0,3 mg/L de cloro residual combinado causan un efecto letal de 100% de las bacterias. A la misma temperatura, y un pH de 7,0 el Cloro residual combinado debe aumentarse hasta 0,6 mg/L, y a un pH de 8,5 debe aumentarse aún más, hasta 1,2 mg/L, para lograr el mismo efecto letal sobre las bacterias.”⁽⁴⁾

1.4.5.2. DESINFECTANTES MÁS COMUNES

Tabla 1-4
Desinfectantes para el agua potable

Desinfectante	Notación Química	Estado de agregación	Características comerciales/Características de aplicación
Hipoclorito de Sodio	NaClO	Líquido, como solución acuosa	Solución comercial con 150-170 g/L de Cloro efectivo, la solución del Hipoclorito de Sodio contiene aprox. 12 g/L de Sosa Cáustica y por consiguiente es fuertemente alcalina, valor de pH de 11,5-12,5. Producido en sitio por electrólisis por medio de una solución de 8,25 g/L dependiendo del proceso de electrólisis. La solución de Hipoclorito producida por medio de la sal muera tiene un valor de pH de 9-10.
Hipoclorito de Calcio	Ca(ClO) ₂	Sólido	Comercialmente disponible en polvo, gránulos o tabletas; el Hipoclorito de Calcio debe contener un mínimo de 65% de Cloro activo, además contiene 4,7% de sustancias no solubles en agua y un mínimo de 5% de H ₂ O, se usa como solución al 1-5% el valor de pH de la solución es de 10-11.

Fuente: Manual para desinfección de agua, Ministerio de salud, Perú

⁽⁴⁾ Manual para la Desinfección de Agua mediante Cloración. CÁCERES O./2ª. ed. Perú. Ministerio de salud. 1979. Pp 20-21-22-23.

1.4.6. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

El agua potable se almacena en tanques y se distribuye a los domicilios e industrias a través de una red subterránea de tuberías que conectan a la red pública de distribución con la red domiciliaria de distribución. Esta agua ya potable puede fluir por las tuberías por la fuerza de gravedad.

El agua potable se almacena en estanques que reservan el agua para las horas de mayor consumo y luego se dirige a la red de distribución.

1.5. DISEÑO DEL SISTEMA PARA POTABILIZAR EL AGUA

1.5.1. CAPTACIÓN DIRECTA

“Para realizar una captación directa levantaremos un dique toma, que es una estructura complementaria, ya que su función es represar las aguas de un río a fin de asegurar una carga hidráulica suficiente para la entrada de un simple tubo como se muestra en la figura 3.

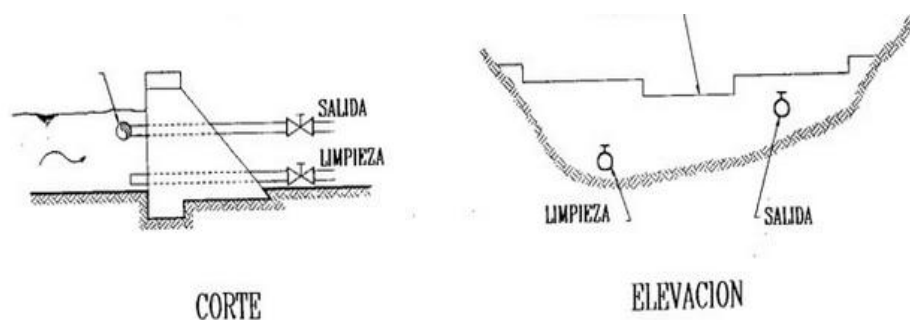


Figura 3 DIQUE CON TOMA DIRECTA

Cuando el agua de un riachuelo está relativamente libre de materiales de arrastre en toda época del año, el dispositivo de captación más sencillo es un sumergido. Es conveniente

orientar la entrada del tubo en forma tal que no quede enfrente la dirección de la corriente, y se debe proteger con malla metálica contra el paso de objetos flotantes.”⁽⁵⁾

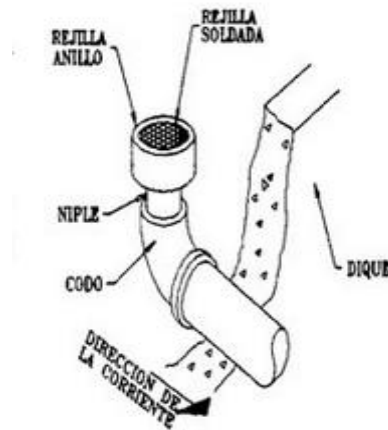


Figura 4 PROTECCIÓN DE ENTRADA A LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1.5.2. PRE-CLORACIÓN

1.5.2.1. TUBO VENTURI

“El equipo dosificador por succión, utiliza un dispositivo Venturi, el cual permite dosificar soluciones cloradas en tuberías presurizadas. El vacío creado por el flujo del agua a través de un tubo Venturi succiona la solución de Hipoclorito y la descarga directamente en la corriente de agua principal o en una corriente de derivación.

El dispositivo Venturi no requiere de una fuente de energía separada, si existe presión suficiente en el sistema de abastecimiento de agua en el punto de aplicación de la solución de cloro para producir un flujo adecuado de agua por el Venturi como nos indica en la figura 5, la succión de la solución controlado por un Rotámetro.

La capacidad de dosificación varía entre 1 a 25 L/h.

⁽⁵⁾ Obras de Captación - Sistema de Agua Potable., <http://civilgeeks.com/2010/10/08/obras-de-captacion-sistema-de-agua-potable/>

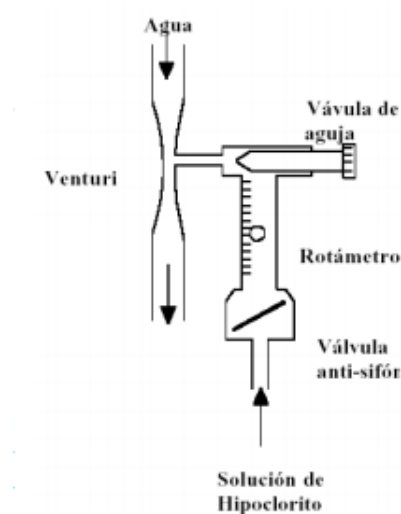


Figura 5 TUBO VENTURI

Un Venturi tiene un régimen de flujo relativamente estrecho dentro del cual funciona eficientemente. Por este motivo, la selección del mismo debe considerar que los requisitos hidráulicos del dispositivo concuerden con las características del sistema de abastecimiento de agua como indica la figura 6.”⁽⁶⁾

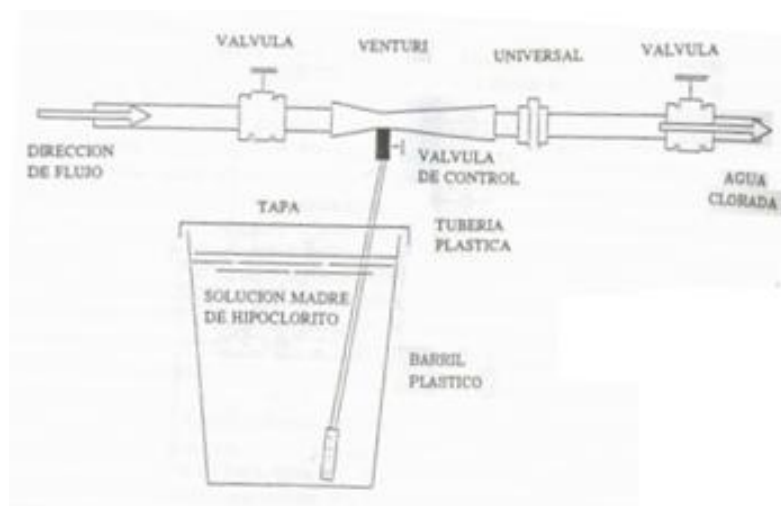


Figura 6 DISPOSITIVO VENTURI

⁽⁶⁾ CLORO., <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo3.pdf>

“Las fórmulas que rigen la cantidad de agua de disolución requerida para obtener una solución de Hipoclorito con una concentración de Cloro activo que permita su fácil manejo y control por el dosificador, son las siguientes:

- a) El Hipoclorito de Calcio se comercializa en forma de sólido a un 70% de pureza, una vez definida la concentración final esperada a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución que será agregada a la masa de Hipoclorito de Calcio sólido:

Ecuación 1-1

$$Vd = \frac{\% \cdot P}{Cf}$$

Donde:

Vd: Volumen de agua en disolución (L)

%: Porcentaje de Cloro activo en el producto

P: Peso del sólido de Hipoclorito de Calcio (Kg)

Cf: Concentración esperada en la solución diluida (g/L)

La calibración del dosificador para aplicar la cantidad óptima de producto depende de tres factores:

- La característica física del producto a emplear sea líquida.
- La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de Cloro residual esperada en el extremo de la red.
- El caudal de agua a desinfectar.

Es importante disponer de dos tanques de disolución conectados de dimensiones adecuadas que permitan el abastecimiento continuo de la solución de Cloro al dosificador.”⁽⁷⁾

⁽⁷⁾ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD., Guías para la instalación de sistemas de desinfección., Lima - Perú., P.p. 10-11

Ecuación 1-2

$$M = \frac{D \cdot Q}{C}$$

Donde:

M: Cantidad de Cloro a dosificar (L/h)

D: Dosis de Cloro (mg/L)

Q: Caudal de agua a tratar (L/h)

C: Concentración de la solución (mg/L)

1.5.3. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR

- Tienen por objeto almacenar el agua cruda clorada, la arena y partículas finas.
- Deben evitar sedimentaciones en las conducciones.
- El desarenado se refiere a partículas mayores a 300 μm y densidad de 2650 Kg/m^3 .
- La profundidad del tanque será entre 1,5 – 2,5 m.
- El fondo de la unidad tiene una pendiente de 5 a 10 % para facilitar el deslizamiento de las arenas sedimentadas.

1.5.3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

- Velocidad de sedimentación.
- Tiempo de retención del desarenador.

1.5.3.2. ECUACIONES DE DISEÑO

a) Viscosidad cinemática

Ecuación 1-3

$$\mu = \frac{497 \times 10^{-6}}{(T + 42,5)^{1,5}}$$

Donde:

T: Temperatura (°C)

b) Velocidad de sedimentación

- Para régimen de transición ($1 < Re < 50$)

Ecuación 1-4

$$V_s = \frac{g^{0,8} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right)^{0,8} \cdot d_s^{1,4}}{10 \cdot \mu^{0,6}}$$

Donde:

Vs: Velocidad de sedimentación (m/s)

ρ_s : Densidad de la partícula (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua (Kg/m³)

g: Aceleración de gravedad (m/s²)

ds: Diámetro de las partículas (m)

μ : Viscosidad cinemática del agua (m²/s)

Tabla 1-5
Tasas de sedimentación para algunas partículas

Diámetro (mm)	Partícula	Tiempo de asentamiento en 0,3m de profundidad (s)
10	Grava	0,3
1	Arena gruesa	3
0,1	Arena fina	38
0,01	Limo	1980

Fuente: Arboleda J. (2000). Teoría y Práctica de purificación de agua.

c) Número de Reynolds

Ecuación 1-5

$$Re = \frac{V_s \cdot d_s}{\mu}$$

d) Superficie del tanque desarenador

Ecuación 1-6

$$As = \frac{V}{H}$$

Donde:

As: Superficie del desarenador (m²)

V: Volumen del tanque (m³)

H: Profundidad del desarenador (m)

e) Longitud y ancho del desarenador

- Considerando la relación: **L/B=4**

Ecuación 1-7

$$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

Ecuación 1-8

$$L = 4 \cdot B$$

Donde:

L: Longitud del desarenador (m)

B: Ancho del desarenador (m)

f) Velocidad de sedimentación crítica

- Es una velocidad que se minora por factores tales como: gradientes de temperatura en el ambiente y en el agua, zonas muertas, entre otras. Se considera un factor minorante “f” que varía de 10 al 30% (1,1 a 1,3)

Ecuación 1-9

$$V_{sc} = \frac{V_s}{f}$$

Ecuación 1-10

$$V_{sc} = \frac{Q}{B \cdot L}$$

Donde:

V_{sc}: Velocidad de sedimentación crítica (m/s)

g) Velocidad de escurrimiento horizontal.

- Debe estar en el rango de 0,30 m/s a 0,40 m/s con períodos de retención de 30 s a 120 s que permiten la sedimentación de las partículas de arena.

Ecuación 1-11

$$V_h = \frac{Q}{B \cdot H}$$

Donde:

V_h: Velocidad de escurrimiento horizontal (m/s)

h) Velocidad de resuspensión de las partículas.

Ecuación 1-12

$$V_a = \sqrt{40 \cdot (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot \frac{d}{3 \cdot \rho}}$$

Donde:

V_a : Velocidad de arrastre de las partículas (m/s)

- Se debe cumplir que: $V_a > V_h$

i) Profundidad del desarenador.

Ecuación 1-13

$$H = \frac{Q}{B \cdot V_h}$$

- Se debe cumplir que: $\frac{L}{H} = \frac{V_h}{V_{sc}}$

j) Tiempo de retención del desarenador.

Ecuación 1-14

$$t = \frac{V}{Q}$$

Donde:

t: tiempo de retención (h)

1.5.3.3. VISTA DE UN DESARENADOR

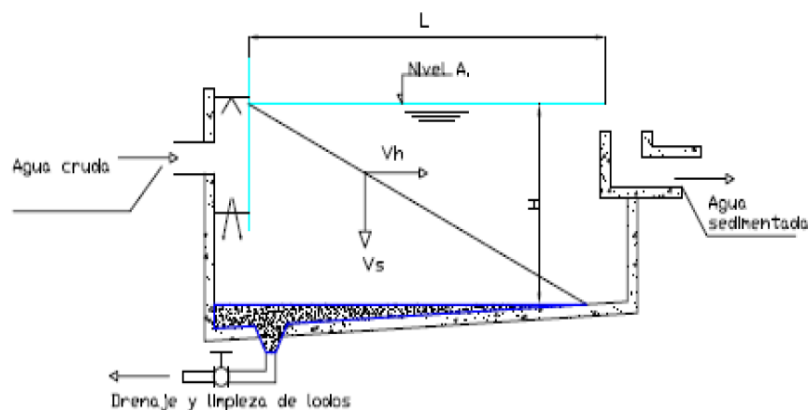


Figura 7 DESARENADOR

1.5.4. FILTRO LENTO DESCENDENTE

El filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua.

La filtración lenta es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo del filtro con lecho combinado con grava, arena y carbón activado con sus respectivas granulometrías.

Tabla 1-6
Eficiencia de remoción

Parámetro	Reducción típica
Sólidos suspendidos	Alcanza hasta el 90%-95% de remoción
Turbiedad	Entre el 50 y 80 de remoción
Color real	Entre el 20 y 50
Hierro, Manganeseo	Alrededor del 50%
Coliformes termoresistentes	Reducciones entre 0,65 y 2,5 unidades Log. tratando con contaminación bacteriológica de 20000 a 10000 UFC/100ml

Fuente: Reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua.

1.5.4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

- Velocidad de filtración
- Número de unidades

1.5.4.2. ECUACIONES DE DISEÑO

a) Área del medio filtrante de cada unidad:

- La velocidad de filtración está dada en los intervalos de 0,1 a 0,3 m/s.

Ecuación 1-15

$$Am = \frac{Q}{Nu \cdot V_F}$$

Donde:

Am: Área del medio filtrante de cada unidad (m²)

Nu: Número de unidades (adim.)

V_F: Velocidad de filtración (m/s)

Tabla 1-7
Número de unidades de filtración según el área

Area (m ²)	Número de filtros
300	2
400	3
500	3
600	3
700	3

Fuente: The American Water Works Association

b) Coeficiente de mínimo costo:

Ecuación 1-16

$$Kc = \frac{2 \cdot Nu}{Nu + 1}$$

Donde:

Kc: Coeficiente de mínimo costo (adim.)

c) Largo de cada unidad:

Ecuación 1-17

$$Lu = \sqrt{Am \cdot Kc}$$

Donde:

Lu: Largo de cada unidad (m)

a) Ancho de cada unidad:

Ecuación 1-18

$$Bu = \sqrt{\frac{Am}{Kc}}$$

Donde:

Bu: Ancho de cada unidad (m)

b) Profundidad de la caja filtrante:

Ecuación 1-19

$$Pc = Bl + Ca + Lf + Cs + Fc$$

Donde:

Pc: Profundidad de la caja filtrante (m)

Bl: Altura del Borde libre (m)

Ca: Altura de la Capa de agua (m)

Lf: Altura del Lecho filtrante (m)

Cs: Altura de la capa soporte (m)

Fc: Altura del fondo colector (m)

- Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 1.0 a 1.5 m y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.
- Lecho filtrante combinado estará compuesto de grava, arena y carbón activado con las especificaciones que se muestran en la tabla 1-8:
- La altura del lecho de soporte incluye drenaje de 0,15m.
- El coeficiente de uniformidad es aceptable cuando es < 4 y deseable si es < 2 .

Tabla 1-8
Granulometría del lecho filtrante combinado

MATERIAL	DIAMETRO (mm)	ESPESOR (cm)
Carbón Activado	6 – 9	30
Arena fina	0,30 – 0,90	60
Arena mediana	2	20
Grava Mediana	25	20
Grava Gruesa	38	10
		Total: 140

Fuente: Reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua.

1.5.4.3. FILTRO LENTO DE 2 UNIDADES

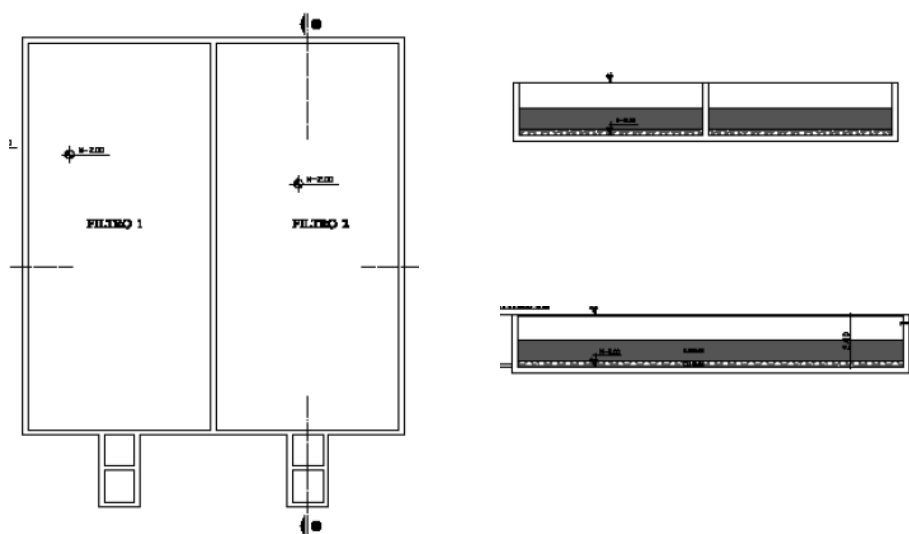


Figura 8 FILTRO LENTO DESCENDENTE

1.5.5. DESINFECCIÓN

La desinfección es similar a la pre-cloración utilizando el Hipoclorito de Calcio sólido con un 70% de pureza, definiendo la concentración final esperada a ser empleada por el dosificador con un caudal óptimo para que el agua sea apta para el consumo humano

(1,2 ppm con un pH de 8,5), se aplica la **Ecuación 1-1** para obtener la disolución de Hipoclorito de Calcio.

$$Vd = \frac{\% \cdot P}{Cf}$$

- Se dispone de un tanque de disolución con dimensiones adecuadas que permitan su abastecimiento continuo. Se utiliza la **Ecuación 1-2** para la dosificación.

$$M = \frac{D \cdot Q}{C}$$

1.5.6. ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

El volumen de almacenamiento se calcula como un 50 % del consumo medio diario futuro.

Ecuación 1-20

$$V_R = \frac{0,5 \cdot cmd \cdot 86400}{1000}$$

Donde:

V_R : Volumen del almacenamiento (m^3)

cmd: Caudal medio diario (L/s)

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MUESTREO

2.1.1. Área de estudio

El diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua se desarrolló en la comunidad de Toñampare del cantón Arajuno, provincia de Pastaza.

2.1.2. Recopilación de información

Se empleó una serie de operaciones destinadas a tomar una parte del universo o población que será estudiado con el fin de facilitar la investigación y análisis.

La toma de varias muestras se fundamenta como nos indica la tabla siguiente:

Tabla 2-1
Recolección de muestras

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio de capacidad de 500mL.	Recoger tres tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 500mL.

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

En el momento de la toma de las muestras se debe realizar las siguientes pruebas:

- Determinación de la temperatura del agua.
- Determinación de la temperatura del ambiente.

2.1.3. Procedimiento para la recopilación de información

La toma de varias muestras es de tipo sistemático en la captación de las aguas de arroyo, tomando en cuenta la Norma INEN 2 169:98, “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras”.

- a) Para la recolección de las muestras se las realizó en condiciones lluviosas en el sector de donde proviene el agua en la fuente.
- b) Se cuenta con la colaboración de un trabajador de la empresa.

2.1.4. Transporte y manipulación de muestras

Para un adecuado transporte se dejó libre del 10 a 15% del volumen total del recipiente evitando derrames o pérdida de muestra. En cada muestra se llevó un protocolo de toma de muestra, donde se registró la ubicación exacta del punto de toma de muestra, situación de la misma, fecha y hora de toma.

2.2. METODOLOGÍA

A las muestras obtenidas se realizó la caracterización físico-química y microbiológica, que consta de 20 parámetros.

Tabla 2-2
Parámetros de Caracterización físico química y microbiológica del Agua

No	Parámetro	Unidad
1	Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L
2	Aerobios mezófilos	UFC/ 1mL
3	Calcio	mg/L
4	Cloruros	mg/L

5	Coliformes fecales	UFC/100 mL
6	Coliformes totales	UFC/100 mL
7	Color aparente	Upt-o
8	Conductividad	$\mu\text{S/cm}$
9	Dureza total	mg CaCO_3/L
10	Fosfatos	mg/L
11	Hierro	mg/L
12	Magnesio	mg/L
13	Nitrato	mg/L
14	Nitrito	mg/L
15	Nitrógeno Amoniacal	mg/L
16	Ph	H^+
17	Sólidos totales disueltos	mg/L
18	Sólidos totales	mg/L
19	Sulfatos	mg/L
20	Turbidez	NTU

FUENTE: NORMA INEN 1108:2010:2005; OMS (1995)

2.2.1. Métodos de análisis de las muestras.

Tabla 2-3
Métodos de caracterización del agua

PARÁMETRO	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Alcalinidad	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 2 gotas de Anaranjado de Metilo, valorar con Ácido Sulfúrico 0.02 N (mL valorados x 20)
Microbiológicos	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por

(Aerobios mezófilos, Coliformes totales y fecales)		membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.
Calcio	Volumétrico	25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 1 ml de NaOH (1N) + pizca de indicador Murexida. Titular con EDTA (0.02 M). De rosado a lila.
Cloruros	Volumétrico	25 ml de muestra + 4 gotas de K ₂ CrO ₇ Titular con AgNO ₃ (0.01 N). De amarillo a ladrillo.
Color aparente	Comparativo	Mediante el comparador de color
Conductividad	Electrométrico	Se lo determina con el conductímetro
Dureza total	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 1 ml de buffer de dureza + una porción de negro de ericromo T en polvo, valoramos con EDTA (0.02M) de rojo a azul.
Hierro	Espectrofotométrico	Seleccionar el test 265 FerroVer, preparar la muestra y colocar en una cubeta de 10 ml, agregar un sobre de reactivo de hierro FerroVer agitar, pulsar el temporizador en 3 minutos, luego de este tiempo limpiar el exterior de la cubeta y colocar el blanco, una vez encerada realizamos el procedimiento anterior con la muestra y anotamos el valor resultante.
Nitritos	Comparativo	Sumergir la tira por 30s y

		comparar.
Nitratos	Espectrofotométrico	Colocar los reactivos indicados en el manual y leer los resultados.
Ph	Electrométrico	Mediante la utilización del pH metro.
Sólidos totales disueltos	Electrométrico	Usar el electrodo de cristal adecuado para la lectura de sólidos totales
Sulfatos	Espectrofotométrico	En un balón de 100 ml, colocamos una porción de muestra + 2 ml de solución acondicionadora + aproximadamente 1 g de BaCl ₂ , aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 410 nm.
Turbidez	Nefelométrico	Se emplea el Turbidímetro

FUENTE: Técnicas de laboratorio de S.A.

2.2.2. Técnicas de análisis de las muestras.

Técnicas normalizadas para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN Y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN, que se indican a continuación:

Recolección de muestras⁽⁸⁾

STÁNDAR MHETODS *1060 C

FUNDAMENTO: Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.

⁽⁸⁾Metodo 1060 C, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

MATERIALES: Recipientes de plástico transparente o vidrio de capacidad de 500 ml.

TÉCNICA: Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado de 500 ml.

Determinación de la temperatura ⁽⁹⁾

STANDARD METHODS *2550 B

FUNDAMENTO: Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio. Se debe en lo posible realizar la medición directamente en el momento en que se realiza la toma de muestra, ya que solo así aseguramos que los valores leídos sean fidedignos.

EQUIPO: Termómetro centígrado con intervalos de 0.5°C.

TÉCNICA:

- Introducir el bulbo del termómetro en la muestra
- Esperar unos segundos a que se estabilice el nivel de Hg,
- Anotar el valor de la lectura.

Determinación de la alcalinidad ⁽¹⁰⁾

STANDARD MÉTODOS * 2320 B

⁽⁹⁾Método 2550 B, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.APHA, AWWA, WPCF 17 ed.”

⁽¹⁰⁾Método 2320-B, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.17th Edition. Washington, APHA.”

FUNDAMENTO: El método se basa en la determinación de los quelatos que se forma cuando el EDTA y sus sales de sodio forman quelatos solubles, cuando vienen agregados a una solución que contiene cationes polivalentes mediante complejación.

MATERIALES:

- Bureta
- Pipetas
- Erlenmeyer
- Vasos de precipitación

TÉCNICA:

- Se toma una muestra de 25 ml y diluir a 50 ml con agua destilada.
- Se agrega 1 ml de KCN.
- Agregar 2 ml de solución de NaOH 1N, mezclar bien.
- Se añade 0.1-0.2 g de mezcla indicadora de murexida.
- Agregar lentamente titulador EDTA, con agitación continua hasta alcanzar el vire, del rosado a lila.

Determinación de cloruros⁽¹¹⁾

STANDARD MÉTODOS * 3500 B

FUNDAMENTOS: Esta normativa técnica se utiliza para la determinación del ion cloruro en aguas limpias que contengan concentraciones de cloruro entre 1.5 y 100 mg/L. Se podrán determinar concentraciones mayores por dilución de muestra. El Cloruro se determina en una solución neutra o ligeramente alcalina por titulación con Nitrato de Plata estándar, usando Dicromato de Potasio como indicador del punto final. El Cloruro de Plata es cuantitativamente precipitado antes de que sea formado el Cromato de Plata de color rojo.

⁽¹¹⁾Método 4500- Cl-B, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed".

MATERIALES:

- Bureta
- Erlenmeyer
- Pipeta aforada
- Pipeta graduada
- Agua destilada
- Agua problema
- Dicromato de Potasio
- Nitrato de plata

TÉCNICA

- Titulación de la solución estándar de Nitrato de Plata.
- Tomar en un erlenmeyer de 250 ml, 20 ml de la solución estándar de Cloruro de Sodio.
- Diluir a 1000 ml y agregar 1 ml de solución indicadora.
- Valorar la solución de Nitrato de Plata hasta un punto final de color amarilloroso.

DETERMINACIÓN:

- Tomar en un erlenmeyer de 250 ml, 100 ml de muestra o una alícuota diluida a 100 ml.
- Si la muestra es altamente coloreada, agregar 3 ml de suspensión de Hidróxido de Aluminio, mezclar sedimentar y filtrar. Si existe presencia de Sulfuro, Sulfito o Tiosulfato, agregar 1 ml de Peróxido de Hidrógeno y calentar por un minuto.
- Ajustar la muestra a pH entre 7 y 10 con Ácido Sulfúrico o Hidróxido de Sodio.
- Agregar 1 ml de solución indicadora, titular con solución estándar de Nitrato de Plata, hasta color amarillo-rosado como punto final.
- Titular siempre un blanco de agua destilada, en las mismas condiciones.

Determinación de la contaminación microbiológica.

Tabla 2-4
Standard Methods

PARÁMETROS	ENSAYO	STANDARD METHODS
Aerobios mezófilos	Aerobios mezófilos	PEE/M-03
Coliformes totales	Coliformes totales	PEE/M-01
Coliformes fecales	Coliformes fecales	PEE/M-01

FUENTE: “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. Washington, APHA.”

FUNDAMENTO DEL MÉTODO MF: Este método se fundamenta en determinar el número y tipo de microorganismos presentes en una muestra de agua de proceso, por medio de la filtración de la misma a través de una membrana filtrante con poros de tamaño adecuado (0,45 μm de diámetro), la consiguiente retención de los microorganismos sobre dicha membrana y el cultivo de los mismos en diferentes agares de acuerdo al tipo de microorganismo, a la temperatura y durante el tiempo necesario, para posteriormente contar directamente las colonias sobre la superficie de la membrana.

Para asegurar la fiabilidad de los resultados, Millipore dispone de un programa de control de calidad que le permite certificar sus membranas de microbiología de acuerdo con los “STANDARD METHODS” y las Normas EPA.

MATERIALES:

- Muestra de agua de proceso
- Agua peptonada al 0,1 %
- Placas estériles con medio ENDO
- Placas estériles con agar Sabouraud
- Placas estériles con agar Cetrimide
- Placas estériles con agar MacConkey

- Placas estériles con agar para Recuento en Placa (Agar Standard Methods)
- Equipo de filtración (Millipore)
- Membranas filtrantes estériles
- Bomba de vacío
- Pinzas estériles
- Estufa

PROCEDIMIENTO:

- Colocar una membrana filtrante estéril, bajo condiciones asépticas, sobre el centro del portafiltro, usando pinzas estériles, con la superficie cuadriculada hacia arriba.
- Ensamblar el equipo, colocando el dispositivo de filtración y asegurando con una pinza.
- Verter 100 ml de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar.
- Lavar el embudo con aproximadamente 100 ml de agua peptonada al 0,1%.
- Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo correspondiente al microorganismo que se va a identificar: Coliformes en agar endo, bacterias aerobias mezófilos en agar para recuento en placas, mohos y levaduras en agar Sabouraud y Pseudomonasaeruginosa en agar cetrimide.
- Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo.
- Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.
- Con excepción de las placas de agar Sabouraud, incubar las placas en forma invertida, a las diferentes temperaturas y tiempos, de acuerdo al microorganismo investigado; en este caso para la determinación de Coliformes se debe incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 24 a 48 h.

RESULTADOS:

Contar las colonias en las membranas. Expresar los resultados como unidades formadoras de colonias (UFC) por ml o por 100 ml de agua, considerando el volumen filtrado y el factor de dilución.

Determinación de la conductividad ⁽¹²⁾

MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO: A la conductividad se la define como el movimiento de carga por iones en solución, por reacción electroquímica en la superficie de los electrodos y por movimiento de electrones en metales. La escala 1999,9 uS, corresponde a las conductividades de las aguas potables naturales.

MATERIALES:

- Conductímetro,
- Recipiente de depósito de la muestra

TÉCNICA:

- Se coloca la muestra en un recipiente, la muestra debe ser antes lo suficientemente agitada o mezclada.
- Se coloca el electrodo del conductímetro en la muestra, hasta que cubra lo suficiente la superficie del electrodo.

⁽¹²⁾ Método 2510- B, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed”.

Determinación de la dureza⁽¹³⁾

STANDARD MÉTODOS * 2340 B y C

FUNDAMENTO: La dureza del agua se ha definido como la capacidad de los cationes presentes en el agua para desplazar a los iones Sodio o Potasio de los jabones y formar productos insolubles, que son los causantes de las “costras” en las tuberías y lavabos.

En las aguas naturales, las concentraciones de iones Calcio y Magnesio son superiores a la de cualquier otro ion metálico, por consiguiente la dureza se define ahora como la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3 mg/L) que equivale a la concentración total de todos los cationes multivalentes de la muestra.

MATERIALES:

- Erlenmeyer
- Bureta
- Pipeta
- Vaso de precipitación

TÉCNICA:

- Tomar 25 ml muestras en el Erlenmeyer.
- Agregar 2 ml de solución amortiguadora.
- Agregar 1 ml de solución de Cianuro de Potasio.
- Poner el indicador de negro de eriocromo T.
- Agregar lentamente el EDTA hasta que el viraje de color rojizo a azul.

⁽¹³⁾Método 2340 B y C, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed”

Determinación de Fosfatos ⁽¹⁴⁾

STANDARD MÉTODOS * 4500 D

FUNDAMENTO: Los niveles de Fosforo no son muy altos en las aguas superficiales, y su control no es tan estricto sobre todo en efluentes usados para regadío de cultivo, dichos niveles, pueden aumentar debido a presencia de fertilizantes en el terreno.

MATERIALES Y REACTIVOS:

- 2100P Turbidímetro HACH Chemical Company.
- Celda.
- Piceta.
- Pipeta.
- Agua destilada.
- Agua problema.
- Reactivo R-P (Pirosulfato de Potasio).

PROCEDIMIENTO:

- Colocar 10 ml de muestra con reactivo R-P en la celda del HACH.
- Colocar la celda en el equipo.
- Anote el valor de la lectura.

Determinación de magnesio.

STANDARD MÉTODOS * 3111 B

FUNDAMENTO: El Magnesio puede estimarse como la diferencia entre la dureza total, y el contenido de Calcio como Carbonato de Calcio, CaCO_3 , presentes en el agua.

⁽¹⁴⁾Método 4500-P-D, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. Washington, APHA.”

PROCEDIMIENTO: Calcular la concentración de Magnesio a partir de los valores obtenidos en las determinaciones de dureza y Calcio.

Determinación del potencial de hidrógeno pH ⁽¹⁵⁾

STANDARD METHODS *4500 HB

FUNDAMENTO: Determinación electrométrica del pH en una muestra de agua potable, utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH. El pH es un parámetro que nos indica la acidez o alcalinidad del agua, varía de 1 a 14. Si el agua posee un pH menor a 7 se considera ácida, caso contrario básica, igual a 7 es neutra.

MATERIALES: Vaso de precipitación, Potenciómetro, Piceta.

TÉCNICA:

- Lavar los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato, utilizando una solución de referencia.
- Colocar la muestra en el vaso de precipitación;
- Introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH.

Determinación de sólidos totales disueltos ⁽¹⁶⁾

STANDARD METHODS *2540-C

FUNDAMENTO: Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser

⁽¹⁵⁾Método 4500- B, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed".

⁽¹⁶⁾Método HACHx, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. Washington, APHA."

medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pasar sus residuos.

MATERIALES Y REACTIVOS:

- Vaso de precipitación.
- Electrodo sensible de HACH.
- Agua problema.
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO:

- Empleando un electrodo.
- Colocar 200 ml de agua problema en el vaso.
- Colocar el electrodo para Solidos Totales Disueltos.
- Realizar la lectura del agua y anotar el valor.
- Evaporando la muestra.
- Pesar una caja Petri.
- Colocar 25 ml de muestra en la caja Petri.
- Someter a baño maría hasta sequedad.
- Introducir a la estufa.
- Colocar en el desecador.
- Pesar.

Determinación de sólidos totales.

STANDARD METHODS *2540-B

FUNDAMENTO: La determinación se realiza gravimétricamente, la muestra es evaporada a baño María en una cápsula tarada, luego es secada a 110° C y finalmente es pesada. El aumento en peso de la cápsula después del secamiento, respecto al peso de la misma cuando está vacía, representa el valor de los sólidos totales.

MATERIALES:

- Pipeta volumétrica
- Cápsula de porcelana
- Baño María
- Estufa
- Desecador
- Balanza analítica
- Pinza de crisol

TÉCNICA:

- Lavar perfectamente la cápsula, secarla e introducirla en la estufa a 105°C, por el espacio de dos horas.
- Enfriar en el desecador y luego pesar la cápsula
- Agitar vigorosamente el recipiente que mantiene en agua para que esta se homogeneice totalmente
- Tomar 25 ml de muestra, poner en la cápsula tarada, someter a evaporación en baño María.
- Secar en la estufa a 105° C durante dos horas, enfriar y pesar.

Determinación de la turbiedad ⁽¹⁷⁾

STANDARD METHODS *2130 A y B

FUNDAMENTO: El método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón de referencia bajo las mismas condiciones.

MATERIALES: Nefelómetro, Turbidímetro

⁽¹⁷⁾Metodo 2130 A y B, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.”

TÉCNICA:

- Colocar en la celda agua destilada para la calibración del equipo;
- Agitar enérgicamente la muestra, colocar la muestra de agua en la celda del turbidímetro.
- Medir el valor que indica, directamente en la escala del instrumento o en la curva de calibración apropiada.

2.3. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. Plan de tabulación y análisis

Con todos los datos recolectados se procederá a registrarlos en cuadros diferentes para realizar un análisis comparativo entre cada uno de estos y poder dimensionar y diseñar efectivamente el sistema de tratamiento del agua.

2.4. Caracterización del agua en su origen

Tabla 2-5
Análisis Físico – Químico del Agua de la Fuente de Captación

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite máximo permisible NORMA INEN 1108:2005 y OMS (1995) para agua potable
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	20	250-300
Calcio	mg/L	22.40	70
Cloruros	mg/L	0,28	250
Color aparente	Upt-co	73	15
Conductividad	uS/cm	46,50	1500
Dureza	mg CaCO ₃ /L	32	500
Fosfatos	mg/L	0,27	0,30
Hierro	mg/L	0,17	0,3

Magnesio	mg/L	9,72	30-50
Nitrato	mg/L	4,70	50
Nitrito	mg/L	0,020	0,05
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,39	1,0
Ph	H ⁺	8,47	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	31,2	500
Sólidos totales	mg/L	120	1000
Sulfatos	mg/L	4,00	250
Turbidez	NTU	52	5

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Tabla 2-6
Análisis Microbiológico del Agua de la Fuente de Captación

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite máximo permisible NORMA INEN 1108:2010 para agua potable
Aerobios mezófilos	UFC/1mL	520	100
Coliformes fecales	UFC/100 mL	140	Ausencia
Coliformes totales	UFC/100 mL	211	Ausencia

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Se compararon los valores obtenidos con los límites máximos permisibles, que se estipulan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Requisitos del agua potable Ecuador), de esta manera se pudo determinar que 5 de los 20 parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados no cumplen con la norma antes mencionada, y estos se especifican en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla 2-7
Parámetros físico-químicos fuera de norma

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite
Color aparente	Upt-co	73	15
Turbidez	NTU	52	5

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Parámetros físico-químicos fuera de norma

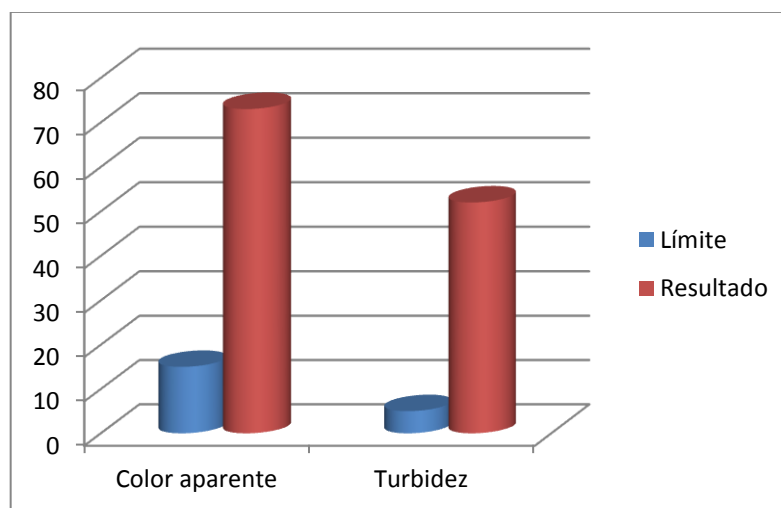


Gráfico A

Tabla 2-8
Parámetros microbiológicos fuera de norma

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite
Aerobios mezófilos	UFC/1mL	520	100
Coliformes fecales	UFC/100 mL	140	Ausencia
Coliformes totales	UFC/100 mL	211	Ausencia

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Parámetros microbiológicos fuera de norma

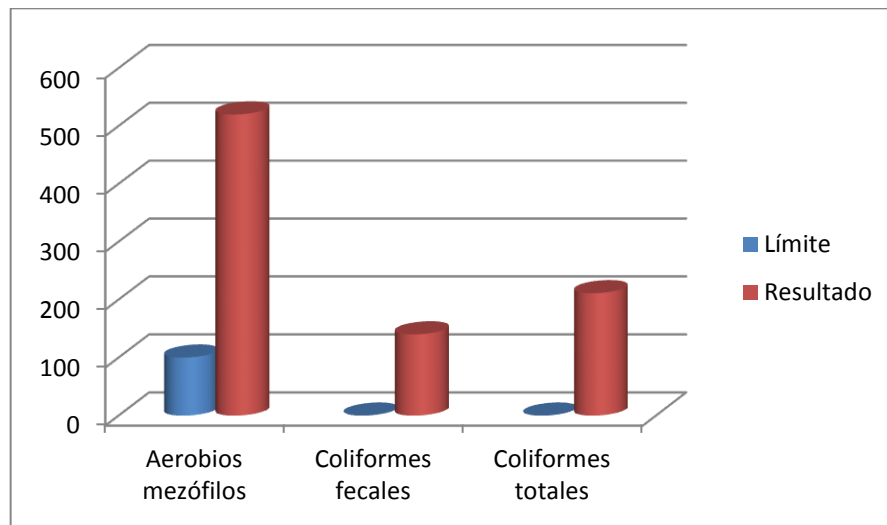


Gráfico B

Estos análisis físico-químicos y microbiológicos nos indican los parámetros que están fuera de norma especificados en las tablas 2-7 y 2-8, son el punto de partida para el diseño de un sistema de tratamiento para potabilizar el agua cruda de la fuente de captación.

CAPÍTULO III

DISEÑO

3. DISEÑO

3.1. CALCULOS DE DISEÑO

3.1.1. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA

La obra de agua no se diseña para satisfacer una necesidad actual sino que debe prever el crecimiento de la población en un período de tiempo estimando el cual será la población a futuro y determinando la demanda de agua para el período final del diseño. Este tiempo de diseño de la planta para potabilizar el agua debe ser prudencial y puede variar entre 10 y 23 años de vida útil.

La ppc o dotación de agua será expresada en litros/habitante/día, es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario. El consumo promedio diario anual servirá para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento y para estimar el consumo máximo diario y horario. El valor del consumo máximo diario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de conducción; mientras que el consumo máximo horario, es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de tratamiento y red de distribución.

Tabla 3-1
CUADRO DE PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Ecuación 3-1

$$P_{ft} = P_a(1 + rn)$$

$$P_{ft} = P_a(1 + r)^n$$

NÚMERO	AÑO	MET. LINEAL	MÉT. GEOMÉTRICO
		r Adop	r Adop.
		0,035	0,035
0	2013	600	600
1	2014	621	621
2	2015	642	643
3	2016	663	655
4	2017	684	689

5	2018	705	713
6	2019	726	738
7	2020	747	763
8	2021	768	790
9	2022	789	818
10	2023	810	846
11	2024	831	876
12	2025	852	907
13	2026	873	938
14	2027	894	971
15	2028	915	1.005
16	2029	936	1.040
17	2030	957	1.077
18	2031	978	1.114
19	2032	999	1.154
20	2033	1.020	1.194
21	2034	1.041	1.236
22	2035	1.062	1.279
23	2036	1.083	1.324

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R.

Donde:

Pf: Población futura (hab)

Pa: Población actual (hab)

r: Índice de crecimiento poblacional

n: Período de tiempo (años)

3.1.2. PROYECCIÓN DE CAUDAL REQUERIDO DENTRO DE 20 AÑOS

3.1.2.1. DOTACIÓN DE AGUA O PPC

El sector en estudio no dispone de datos de consumo, por lo que se tomarán los valores que recomiendan las Normas para éstas comunidades donde se adopta una dotación media futura de 100 L/hab/día, correspondiente a poblaciones de clima cálido.

3.1.2.2. CAUDALES DE DISEÑO

a. Caudal medio diario (cmd)

El caudal medio diario que es la cantidad de agua consumida diariamente como promedio anual, se lo ha determinado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3-2

$$cmd = \frac{Pf \cdot Dppc}{86400} + F$$

Donde:

cmd: caudal medio diario (L/s)

Pf: Población al final del período de diseño (hab)

Dppc: Dotación o ppc (L/hab · día)

F: Factor de fugas (20%)

$$cmd = \frac{1236 \cdot 100}{86400} + F$$

Para la comunidad de Toñampare el $cmd = 1,63 \text{ L/s}$

b. Caudal máximo diario (CMD)

El caudal máximo diario es la cantidad consumida por la comunidad en el día de máximo consumo en el año y se determina multiplicando el caudal medio diario por un coeficiente de mayoración $K = 1.25$

Ecuación 3-3

$$CMD = K \cdot cmd$$

Donde:

K: Coeficiente de mayoración (adm)

$$CMD = 1,25 \cdot 1,63$$

Para las comunidades de Toñampare el CMD = **2,04 L/s**

c. Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario es el caudal de agua consumido por la comunidad durante la hora de máximo consumo en un día del año y se determina multiplicando el caudal medio diario por un coeficiente de mayoración de 3,00.

Ecuación 3-4

$$QMH = K \cdot cmd$$

$$QMH = 3 \cdot 1,63$$

Para las comunidades de Toñampare el QMH = **4,89 L/s**

Caudal de diseño

$$Q = 0,00489 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.2.3. VOLUMEN TOTAL DE RESERVA DE AGUA TRATADA

$$V_R = \frac{0,5 \cdot cmd \cdot 86400}{1000}$$

Donde:

V_R : Volumen de reserva (m^3)

$$V_R = \frac{0,5 \cdot 1,63 \cdot 86400}{1000} = 70,4 \text{ m}^3$$

Se decidió que la reserva sea de 120 m³, dividida en dos compartimientos, el uno para agua cruda (40 m³) y el otro para agua tratada (tanque de 80 m³ divididos en 2 compartimientos iguales de 40m³ conectados).

3.1.2.4. CAUDAL DE LA FUENTE Y CAPTACIÓN

El caudal mínimo recomendado de la fuente se determina mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3-5

$$Q_{fuente} = 1,2 \cdot CMD$$

$$Q_{fuente} = 1,2 \cdot 2,04$$

Para la comunidad de Toñampare el $Q_{fuente} = 2,45$ L/s

3.1.2.5. CANTIDAD DE AGUA DEL ARROYO EN TOÑAMPARE

En los proyectos de agua potable tenemos varios métodos para determinar el caudal de agua de arroyo como el volumétrico para calcular caudales hasta un máximo de 10 L/s y el de velocidad-área para caudales mayores a 10 L/s.

Tabla 3-2
Determinación del caudal en la captación del agua

Volumen(L)	Tiempo(s)
40	4,8
40	4,6
40	4,4
40	4,2
40	4,0
	Promedio: 4,4

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

- **Método volumétrico**

Ecuación 3-6

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen (m/s)

El valor del caudal de agua de arroyo

$$Q = \frac{40}{4.4}$$

$$Q = 9,09L/s$$

3.1.3. PRE-CLORACIÓN

- a) Hipoclorito de Calcio al 70% de concentración inicial para una disolución de 60L.

$$Vd = \frac{\% \cdot P}{Cf}$$

$$P = \frac{Vd \cdot Cf}{\%}$$

$$P = \frac{60 \cdot 0,1}{0,7}$$

$$P = 8,57 Kg$$

- El peso de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ es de 8,57 kg para 60 L de disolución al 10% de concentración final.

b) Cantidad de cloro a dosificar.

- La dosis de cloro D necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en la red será de 3ppm en la pre-cloración.

$$M = \frac{D \cdot Q}{C}$$

$$M = \frac{3 \cdot 17604}{100000}$$

$$M = 0,528 \text{ L/h}$$

c) Tiempo en consumirse 60 L de solución de cada recipiente.

Ecuación 3-7

$$Tc = \frac{Vd}{M}$$

- Para la pre-cloración contamos con 2 tanques de 60 L c/u

$$Tc = \frac{120}{0,528} = 227 \text{ horas}$$

$$Tc = 9,47 \text{ dias}$$

Se recomienda cambiar los tanques hipocloradores vacíos cada 8 o 9 días por tanques de 60L con una disolución nueva de Hipoclorito de Calcio al 10% para la Pre-cloración.

3.1.4. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR

a) Viscosidad cinemática

$$\mu = \frac{497 \times 10^{-6}}{(T + 42,5)^{1,5}}$$

$$\mu = \frac{497 \times 10^{-6}}{(21 + 42,5)^{1,5}}$$

$$\mu = \mathbf{9,82 \times 10^{-7} \text{ m}^2/s}$$

b) Velocidad de sedimentación

- Para régimen de transición ($1 < Re < 50$)

$$V_s = \frac{g^{0,8} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho}\right)^{0,8} \cdot d_s^{1,4}}{10 \cdot \mu^{0,6}}$$

$$V_s = \frac{9,8^{0,8} \cdot \left(\frac{2650 - 1000}{1000}\right)^{0,8} \cdot (3 \times 10^{-4})^{1,4}}{10 \cdot (9,82 \times 10^{-7})^{0,6}}$$

$$V_s = \mathbf{0,0436 \text{ m/s}}$$

c) Número de Reynolds

$$Re = \frac{V_s \cdot d_s}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,0436 \cdot (3 \times 10^{-4})}{9,82 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 13,32$$

Se cumple ($1 < 13,32 < 50$)

d) Superficie del desarenador

- Definimos la altura del tanque como 1,8 m, de acuerdo al rango de diseño de 1,5 a 2,5.

$$As = \frac{V}{H}$$

$$As = \frac{40}{1,8}$$

$$As = \mathbf{22 \, m^2}$$

e) Longitud y ancho del desarenador

- Considerando la relación: **L/B=4**

$$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{22}{4}}$$

$$B = \mathbf{2,34 \, m}$$

$$L = 4 \cdot B$$

$$L = 4 \cdot 2,34$$

$$L = \mathbf{9,38 \, m}$$

f) Velocidad de sedimentación crítica

$$V_{sc} = \frac{V_s}{f}$$

$$V_{sc} = \frac{0,0436}{1,2}$$

$$V_{sc} = \mathbf{0,036 \text{ m/s}}$$

$$V_{sc} = \frac{Q}{B \cdot L}$$

$$V_{sc} = \frac{0,00489}{2,34 \cdot 9,38}$$

$$V_{sc} = \mathbf{2,22 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$$

g) Velocidad de escurrimiento horizontal.

$$V_h = \frac{Q}{B \cdot H}$$

$$V_h = \frac{0,00489}{2,34 \cdot 1,8}$$

$$V_h = \mathbf{1,16 \times 10^{-3} \text{ m/s}}$$

h) Velocidad de resuspensión de las partículas.

$$V_a = \sqrt{40 \cdot (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot \frac{d}{3 \cdot \rho}}$$

$$V_a = \sqrt{40 \cdot (2650 - 1000) \cdot 9,8 \cdot \frac{3 \times 10^{-4}}{3 \cdot 1000}}$$

$$V_a = \mathbf{0,254 \text{ m/s}}$$

$$V_a > V_h$$

Se cumple la condición

$$V_a = 0,254 > V_h = 1,16 \times 10^{-3}$$

i) Profundidad del desarenador.

$$H = \frac{Q}{B \cdot V_h}$$

$$H = \frac{0,00489}{2,34 \cdot (1,16 \times 10^{-3})}$$

$$H = \mathbf{1,8 \text{ m}}$$

- Se contará con una pendiente del 10% para la purga de arenas sedimentadas.
- Se debe cumplir que: $\frac{L}{H} = \frac{V_h}{V_{sc}}$

$$\frac{9,38}{1,8} = \frac{1,16 \times 10^{-3}}{2,22 \times 10^{-4}}$$

$$5,2 = 5,2$$

Se cumple la condición

j) Tiempo de retención del desarenador.

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{40}{0,00489}$$

$$t = \mathbf{2,27\ h}$$

3.1.5. FILTRO LENTO DESCENDENTE

a) Área del medio filtrante de cada unidad

$$Am = \frac{Q}{Nu \cdot V_F}$$

$$Am = \frac{0,00489}{2 \cdot (4,17 \times 10^{-5})}$$

$$Am = \mathbf{58,63\ m^2}$$

b) Coeficiente de mínimo costo

$$Kc = \frac{2 \cdot Nu}{Nu + 1}$$

$$Kc = \frac{2 \cdot 2}{2 + 1}$$

$$Kc = \mathbf{1,33}$$

c) Largo de cada unidad

$$Lu = \sqrt{Am \cdot Kc}$$

$$Lu = \sqrt{58,63 \cdot 1,33}$$

$$Lu = \mathbf{8,83\ m}$$

d) Ancho de cada unidad

$$Bu = \sqrt{\frac{Am}{Kc}}$$

$$Bu = \sqrt{\frac{58,63}{1,33}}$$

$$Bu = \mathbf{6,64\ m}$$

e) Profundidad de la caja filtrante

$$Pc = Bl + Ca + Lf + Cs + Fc$$

$$Pc = 0,30 + 1,00 + 1,40 + 0,20 + 0,15$$

$$Pc = \mathbf{3,05m}$$

3.1.6. DESINFECCIÓN

a) Hipoclorito de Calcio al 70% de concentración inicial para una disolución de 60L.

$$Vd = \frac{\% \cdot P}{Cf}$$

$$P = \frac{Vd \cdot Cf}{\%}$$

$$P = \frac{60 \cdot 0,03}{0,7}$$

$$P = \mathbf{2,57\ Kg}$$

El peso de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ es de 2,57 kg para 60 L de disolución al 3% de concentración final.

b) Cantidad de cloro a dosificar.

- La dosis de cloro D necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en el extremo de la red será de 1,2ppm en la desinfección para mantener el pH de 8,5.

$$M = \frac{D \cdot Q}{C}$$

$$M = \frac{1,2 \cdot 17604}{30000}$$

$$M = \mathbf{0,70 \text{ L/h}}$$

c) Tiempo en consumirse 60 L de solución.

$$\frac{60}{0,70} = 85,71 \text{ horas}$$

$$Tc = \mathbf{3,57 \text{ dias}}$$

Se recomienda cambiar el tanque hipoclorador vacío cada 3 días por otro tanque de 60L con una disolución nueva de Hipoclorito de Calcio al 3% para la Desinfección.

3.2. RESULTADOS

3.2.1. PRE-CLORACIÓN

Tabla 3-3
Resultados para la pre-cloración para Cf al 10% y D para 3ppm

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de agua en disolución	Vd	60	L
Peso de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ al 70%	P	8,57	Kg
Cantidad de cloro a dosificar	M	0,528	L/h
Tiempo de consumo 2 tanques	Tc	9,47	días

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

3.2.2. TANQUE DE RESERVA Y DESARENADOR

Tabla 3-4
Resultados Desarenador

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad de sedimentación	V_s	0,0436	m/s
Profundidad del desarenador	H	1,8	m
Superficie del desarenador	As	22	m ²
Longitud del desarenador	L	9,38	m
Ancho del desarenador	B	2,34	m
Velocidad de sedimentación crítica	V_{sc}	0,00022	m/s
Velocidad de escurrimiento horizontal	V_h	0,00116	m/s
Velocidad de resuspensión de las partículas	Va	0,254	m/s
Tiempo de retención del desarenador	t	2,27	h

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

3.2.3. FILTRO LENTO DESENDENTE

Tabla 3-5
Resultados filtro lento descendente

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidad
Área del medio filtrante de cada unidad	Am	58,63	m ²
Número de unidades de filtración	Nu	2	adim
Largo de cada unidad	Lu	8,83	m
Ancho de cada unidad	Bu	6,64	m
Profundidad de caja filtrante	Pc	3,05	m

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

3.2.4. DESINFECCIÓN

Tabla 3-6
Resultados para desinfección para Cf al 3% y D para 1,2ppm

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de agua en disolución	Vd	60	L
Peso de Ca(ClO) ₂	P	2,57	Kg
Cantidad de cloro a dosificar	M	0,70	L/h
Tiempo de consumo	Tc	3,57	días

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

3.2.5. ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA

Es un tanque cuya capacidad de almacenamiento para el agua tratada es de 80 m³ calculada a fin de cubrir la demanda, estará ubicado bajo tierra junto a la planta de tratamiento de agua. Del tanque saldrá la red de distribución principal para la comunidad de Toñampare. La ubicación y altura de la zona donde se encuentra la reserva de agua tratada nos permitirá distribuir el agua en base a una red principal de tubería de PVC a presión, cuya impulsión será por gravedad.

3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA

Tabla 3-7
Prueba de filtro lento descendente combinado con arena, grava y carbón activado
Análisis físico-químico

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite máximo permisible NORMA INEN 1108:2005 para agua potable
Color aparente	Upt-co	5	15
Turbidez	NTU	3,62	5

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Prueba de filtro lento descendente combinado con arena, grava y carbón activado
Análisis físico-químico

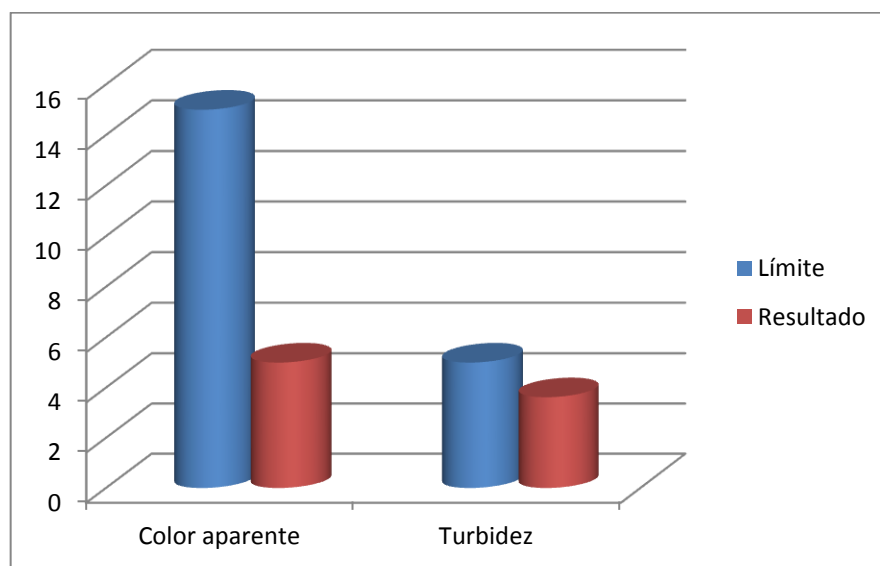


Gráfico C

Tabla 3-8
Prueba de desinfección con dosificación de Hipoclorito de Calcio al 3%
Análisis microbiológico

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	Límite máximo permisible NORMA INEN 1108:2010 para agua potable
Aerobios mezófilos	UFC/1mL	15	100
Coliformes fecales	UFC/100 mL	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	UFC/100 mL	Ausencia	Ausencia

Fuente: CALDERÓN, Paulo, R. 2014

Prueba de desinfección con dosificación de Hipoclorito de calcio al 3%
Análisis microbiológico

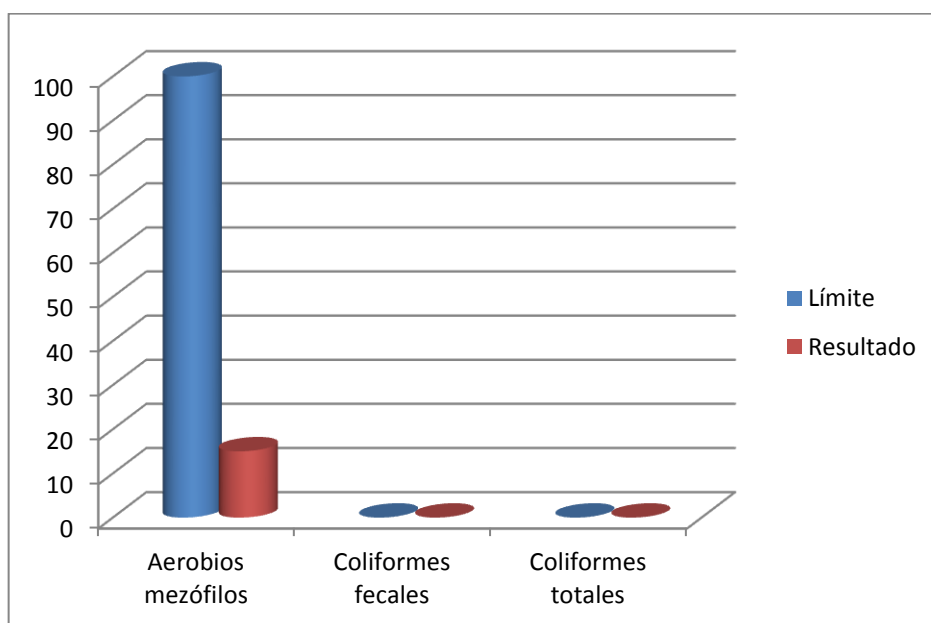


Gráfico D

3.4. PROPUESTA

Diseño de un sistema de tratamiento para potabilizar el agua de arroyo $Q = 4,89 \text{ L/s}$



3.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En las pruebas de tratabilidad realizadas a nivel de laboratorio se corrigieron los valores de los 5 parámetros físico-químicos y microbiológicos que no cumplían con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Requisitos del agua potable Ecuador), transformando el agua cruda inicial en agua de calidad garantizada para el consumo humano y cumpliendo con los requisitos de la normativa antes mencionada.

La caracterización inicial del agua tomada en la fuente en condiciones lluviosas, presentados en la tabla 2-7 y tabla 2-8, se determinó que los parámetros analizados presentaban valores fuera de los límites de la norma; en el aspecto físico-químico, parámetros como el Color aparente = 73 Upt-co, y la Turbidez = 52 NTU; y en el aspecto microbiológico como Aerobios Mezófilos = 520 UFC/1mL Coliformes totales = 211 UFC/100mL y Coliformes fecales = 140 UFC/100mL.

Se propuso un sistema adecuado para potabilizar el agua de arroyo enfocado en disminuir la concentración de: Color Aparente, Turbidez y de los Microorganismos. Este sistema estará ubicado en una zona de difícil acceso, sin energía eléctrica, por lo cual este debe tener poca influencia humana para su operación.

Luego de la captación las operaciones que se realizará serán: pre-cloración mediante tubo Venturi antes de la entrada del agua al tanque de reserva y desarenador, ya que con la presencia de estos microorganismos, pueden alterar la calidad inicial del agua y la eficiencia del filtro lento por la formación de seres orgánicos indeseados; seguido está el desarenador y el filtro lento descendente que consta con un lecho filtrante combinado con grava, arena y carbón activado, el cual nos ayudará a disminuir el color y la turbidez como prioridad. Terminando con la desinfección con tubo Venturi y por último el almacenamiento del agua tratada.

Las dosificaciones se realizarán manualmente, tanto en la Pre-cloración como en la Desinfección y de igual manera los cambios de los tanques de dosificación de Hipoclorito de Calcio.

Las pruebas de tratabilidad realizadas primero mediante un filtro descendente con lecho combinado dieron nuevos valores en el Color aparente = 5 Upt-o y Turbidez = 3,62 NTU especificados en la tabla 3-5, y las pruebas mediante la dosificación de una disolución de Cloro que me da nuevos valores como la ausencia de microorganismos, especificadas en la tabla 3-6, los mismos datos que se encuentran en los límites que estipula la Norma INEN 1108 y la OMS de potabilidad, justificando el diseño ingenieril de la secuencia de operaciones adecuadas a nivel de proceso para potabilizar el agua de arroyo.

En los gráficos E y F, se indican los porcentajes de rendimiento de potabilización entre el agua cruda y el agua tratada con los siguientes resultados: Color aparente = 93%, Turbidez = 93%, Aerobios mezófilos = 97%, Coliformes fecales = 100% y Coliformes totales = 100%.

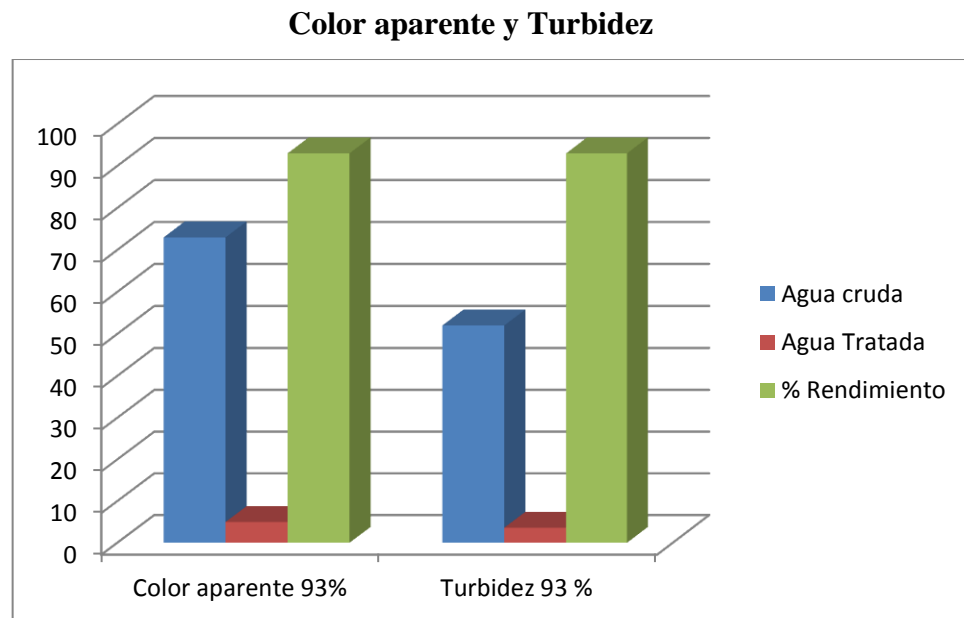


Gráfico E

Aerobios mezófilos, Coliformes fecales y Coliformes totales

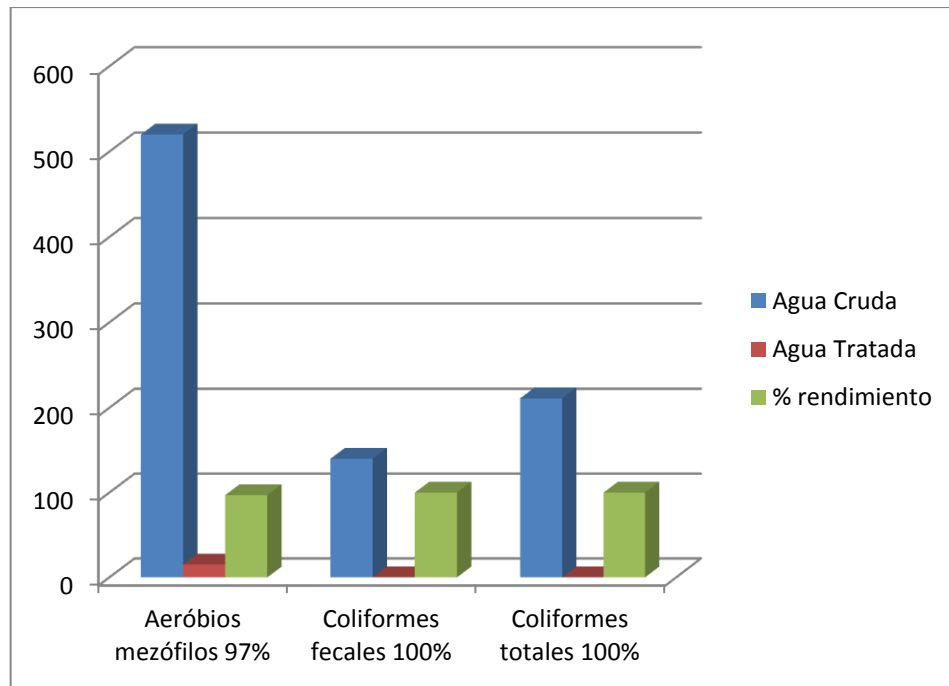


Gráfico F

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En la caracterización del agua de arroyo tomada en la fuente, se analizaron físico-química y microbiológicamente varios parámetros, presentando problemas de Turbidez con 52 NTU (máx. permisible 5 NTU), Color aparente con 73 Upt-co (máx. permisible 15 Upt-co) y microorganismos como Aerobios Mezófilos con 520 UFC/1mL, Coliformes fecales con 140 UFC/100mL y Coliformes totales con 211 UFC/100mL, que no cumplen con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Requisitos del agua potable Ecuador), determinando que la calidad del agua es poco aceptable para el consumo humano en la comunidad de Toñampare.
- De los resultados de caracterización y de las pruebas de tratabilidad del agua de alimentación se procedió a dimensionar las diferentes operaciones a nivel de proceso que formarán parte del sistema de tratamiento para potabilizar el agua de arroyo, el diseño de ingeniería se efectúa con base en la remoción de Color Aparente, Turbidez y Microorganismos, para un caudal de 4,98 L/s. Las operaciones constarán con las siguientes etapas: Captación, Pre-cloración, Tanque de reserva y Desarenador, Filtración Lenta, Desinfección y Almacenamiento del agua tratada.
- Se diseñó un sistema de tratamiento optimo y adecuado para el tratamiento del agua de arroyo implementando un Tanque de reserva para el agua cruda que nos sirve como Desarenador con una longitud de 9,38m; un ancho de 2,34m y una profundidad de 1,8m con una pendiente del 10%; se planteó un Filtro Lento Descendente con lecho combinado de arena, grava y carbón activado para eliminar la presencia de contaminantes en esta agua, el Filtro es de 2 unidades, cada unidad tiene un largo de 8,83m; un ancho de 6,64m y una profundidad de 3,05m; después de haber realizado las pruebas de tratabilidad se concluye que el sistema propuesto es el adecuado y que se debe implementar.

- Una vez diseñado el sistema de tratamiento y en base a las pruebas de tratabilidad con los análisis pertinentes, se realiza la caracterización del agua de arroyo obteniéndose parámetros que ya no están fuera de norma, que al ser comparados con los valores iniciales de caracterización se comprueba la reducción del Color aparente a 5 Upt-co con un rendimiento del 93%, Turbidez a 3,62 NTU con un rendimiento del 93%, Aerobios Mezófilos a 15 UFC/1mL con un rendimiento del 97%, Ausencia de Coliformes fecales y totales con un rendimiento del 100%, cumpliendo así con los límites permisibles indicados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Requisitos del agua potable Ecuador).

4.2. RECOMENDACIONES

- A la empresa CANTÁRIDA CIA. LTDA., se recomienda aplicar el estudio de investigación realizado para iniciar las construcciones civiles e implementación del sistema de tratamiento para potabilizar el agua y de esta manera garantizar su consumo en la comunidad, aprovechando los recursos hídricos de la zona.
- Realizar un estudio de impacto ambiental con la finalidad de saber que medio físico y biótico se verá afectado con la construcción del sistema de tratamiento, y así tomar las debidas precauciones de construcción y protección al ambiente.
- Evaluar el tiempo de saturación de los carbones regenerados en el tratamiento del agua potable, para determinar la frecuencia de cambio y la rentabilidad del filtro.
- Con el diseño realizado se recomienda buscar otras alternativas para proyectos en las comunidades de la Región Amazónica como por ejemplo el sistema de agua potable para la Comunidad de “San Pedro de Dayuma” que se muestra en el Anexo VIII.
- La persona responsable de la Operación de la Planta de Tratamiento debe estar capacitada adecuadamente, específicamente para el intercambio de los tanques dosificadores de cloro que se realizarán con frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.**, Standard methods for the examination of water and wastewater., 18va. ed., Washington D.C., APHA, AWWA, WPCF, 5.92., 1992., P.p. 28-73.
2. **ARBOLEDA., J.**, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3ra. ed., Bogotá-Colombia., Mc. Graw Hill., Tomo I., 2000., P.p. 205-234.
3. **COSTA ., C.**, Manual de Operación y Mantenimiento Agua potable para San Pedro de Dayuma., Orellana, Ecuador., 2008., P.p. 3.
4. **HERNÁNDEZ., A.**, Calidad y Tratamiento del Agua., 5ta. ed., México-México., Mc. Graw-Hill., 2002., Pp. 325-328.
5. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN).**, Requisitos para el agua de Potable., 2da ed., Quito-Ecuador: INEN 2011., Pp. 1-5., (INEN 1108:2011).
6. **MIDUVI .,** Normas de Diseño para Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, Documento Técnico No. 01-NT., 2008
7. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.**, Guías para la instalación de sistemas de desinfección., Lima – Perú., 1999., P.p. 10-11
8. **PERRY R., GREEN, D.**, Manual del Ingeniero Químico de Perry., 7ma ed., Colombia– Bogotá: McGraw-Hill, 2001., V.1, Pp. 16-4, 16-5, 16-64, 16-65; V.2, Pp. 18-110, 18-111, 18-112, 18-113.
9. **ROMERO., J.**, Calidad del Agua., 3ra ed., Bogotá – Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., P.p. 105-420

- 10. SANCHEZ., U.,** Diseño y Simulación de Plantas de Tratamiento de Aguas., Caracas-Venezuela., 2002., P.p. 58-61.

INTERNET

1. ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTEREOLOGICO DEL AGUA

- <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioAguas.htm>
(2013/11/15)

2. CLORO

- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo3.pdf>
(2014/03/19)

3. CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTROS LENTOS

- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/040065/tema2-2.pdf>
(2014/03/19)

4. EL AGUA POTABLE

- http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarci14/agua_potable.htm
(2013/11/03)

ANEXOS

ANEXO I



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito-Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA	NTE INEN 1 108: 2010
	Tercera revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

FirstEdition



Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1 108: 2010 Tercera revisión 2010-01
<p data-bbox="758 459 906 488" style="text-align: center;">1. OBJETIVO</p> <p data-bbox="284 488 1345 517">1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p data-bbox="758 546 906 575" style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p data-bbox="284 575 1382 636">2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.</p> <p data-bbox="730 665 933 694" style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p data-bbox="284 694 1382 754">3.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas, y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p data-bbox="284 784 1382 844">3.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p data-bbox="284 873 1382 963">3.3 Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.</p> <p data-bbox="284 992 1382 1052">3.4 UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p data-bbox="284 1081 1382 1142">3.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.</p> <p data-bbox="284 1171 1252 1200">3.6 mg/l (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p data-bbox="284 1229 1382 1290">3.7 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p data-bbox="284 1319 1382 1442">3.8 Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.</p> <p data-bbox="284 1471 1382 1561">3.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.</p> <p data-bbox="284 1590 1382 1650">3.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p data-bbox="284 1680 1295 1709">3.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p>		

4.DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no debe ser superior a 100UFC/ml.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establece a continuación.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características Físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, B	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cinuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Flúor, F	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Molibdeno, Mo	mg/l	0,07
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Selenio, Se	mg/l	0,01
Uranio, U	mg/l	0,015

*Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

Sustancias Orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Tetracloruro de carbono	mg/l	0,004
Diclorometano	mg/l	0,02
1,2 dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,003
1,2 dicloroeteno	mg/l	0,05
Tricloroeteno	mg/l	0,02
Tetracloroeteno	mg/l	0,04
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Etilbenceno	mg/l	0,3
Estireno	mg/l	0,02
Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
1,2-diclorobenceno	mg/l	1,0
1,4-diclorobenceno	mg/l	0,3
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrin	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
Ácido Edético EDTA	mg/l	0,6
Ácido nitrotriácético	mg/l	0,2
1-2 Dibromoetano	mg/l	0,0004
1-4Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturon	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	mg/l	0,002
Metoxyclo	mg/l	0,02
Molinate	mg/l	0,006
Pendimetalin	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Simazina	mg/l	0,002
Trifluralin	mg/l	0,02
Dicloroprop	mg/l	0,1
Fenoprop	mg/l	0,009
Mecoprop	mg/l	0,01
2,4,5-Tácido triclorofenoxi acético	mg/l	0,009
Alachlor	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Atrazine	mg/l	0,002
Carbofuran	mg/l	0,007

Cloropirifos	mg/l	0,03
Cyanazine	mg/l	0,0006
2,4 D (2,4 diclorofenoxi acético)	mg/l	0,03
2,4 DB	mg/l	0,09
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1-2 Dibromo 3 cloropropono	mg/l	0,001
1-2 Dicloropropano	mg/l	0,4
1-3 Dicloropropano	mg/l	0,02
Dimethoate	mg/l	0,008
Endrin	mg/l	0,0006
Metolachlor	mg/l	0,1
Pyriproxyfen	mg/l	0,3
Terbuthylazine	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Clorotoluro	mg/l	0,03

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Cloro	mg/l	5
Monocloroamina, di- y tricloroamina	mg/l	3

Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Bromato	mg/l	0,01
Clorito	mg/l	0,7
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos	mg/l	Sumatoria 1,0
Bromoformo	mg/l	0,1
Diclorometano	mg/l	0,02
Bromodiclorometano	mg/l	0,06
Cloroformo	mg/l	0,3
Ácidos acéticos clorinados		
Ácido dicloroacético	mg/l	0,5
Ácido tricloroacético	mg/l	0,2
Acetonitrilos halogenados		
Dicloroacetnitrilo	mg/l	0,02
Dibromoacetnitrilo	mg/l	0,07
Cianógeno clorado (como CN)	mg/l	0,07
Microcystin-LR	mg/l	0,001
Monocloroacetato	mg/l	0,02

Requisitos Microbiológicos

Máximo	
Coliformes totales (1) NMP/100ml	<2*
Coliformes Fecales NMP/100ml	<2*
<i>Cryptosporidium</i> , número de quistes/100litros	Ausencia
<i>Giardia Lambia</i> , número de quistes /100litros	Ausencia

* <2 significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo

(1) En caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95% de las muestras, tomadas durante cualquier periodo de 12 meses.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods)

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods)

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito-Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2005

Tercera revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

FirstEdition

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2005 Segunda revisión 2005 - 03
1. OBJETO		
1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimientos públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.		
3. DEFINICIONES		
3.1 Agua Potable.- es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano.		
3.2 Agua Cruda.- Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas y microbiológicas.		
3.3 Límite máximo permisible.- Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.		
3.4 UFC/ml.- Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.		
3.5 NMP.- Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.		
3.6 µg/l. (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.		
3.7 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.		
3.8 Microorganismos patógenos.- Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.		
3.9 Pesticidas.- Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.		
3.10 Desinfección.- Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que puede presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.		

3.11 Subproductos de desinfección.- Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.12 Radio nucleído.- Nucleídos radiactivos, nucleídos conjuntos de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.

3.13 MBAS, ABS.- Sustancias activas al azul de metileno. Alquil Benceno Sulfonato

3.14 Cloro residual.- Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.15 Dureza total.- Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

3.16 Sólidos totales disueltos.- Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100UFC/ml.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación.

PARÁMETRO	UNIDAD	Límite máximo permisible
<i>Características físicas</i>		
Color	Unidades de color verdadero(UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	—	No objetable
Sabor	—	No objetable
pH	—	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1,000
<i>Inorgánicos</i>		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 – 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo	mg/l	0,05

hexavalente)	mg/l	300
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	0,1
Estaño, Sn	mg/l	1,5
Flúor, F	mg/l	0,1
Fósforo, (PPO ₄)	mg/l	0,3
Hierro, Fe	mg/l	0,2
Litio, Li	mg/l	0,1
Manganeso, Mn	mg/l	0,0
Mercurio, Hg	mg/l	0,02
Níquel, Ni	mg/l	10
Nitratos, N-NO ₃	mg/l	0,0
Nitritos, N-NO ₂	mg/l	0,05
Plata, Ag	mg/l	0,01
Plomo, Pb	mg/l	20
Potasio, K	mg/l	0,01
Selenio, Se	mg/l	200
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	0,1
Vanadio, V	mg/l	3
Zinc, Zn		
<i>Radiactivos</i>		
Radiación Total α**	Bq/l	0,1
Radiación Total β***	Bq/l	1,0
* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos		
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleicos ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁸ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu		
*** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleicos ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁸ Ra		
<i>Orgánicos</i>		
Tenso activos ABS (MBAS)	mg/l	0.0
Fenoles	mg/l	0.0

ANEXO II

PARAMETROS DE CALIDAD Y LIMITES MAXIMO PERMISIBLES

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales (**) para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente.

LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES
DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Fluor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

Notas:

- (1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)
- (2) Valores establecidos en la norma nacional "Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946
- (3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas.
- (*) Compuestos tóxicos

(**) Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF.

ANEXO III

Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua de la fuente de captación.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Roberto Calderón
EMPRESA: Cantarida CIA LDA
DIRECCIÓN: 12 de Octubre y Veintinilla.

INFORME N°: 007 – 14
N° SE: 007 – 14

TELÉFONO: 0987876268

FECHA DE RECEPCIÓN: 025 – 02 – 14
FECHA DE INFORME: 007 – 03 – 14

NÚMERO DE MUESTRAS: 2

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA – 121-14 Agua de cascada.
MA – 122-14 Agua de cascada

Agua
Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 121-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /l	STANDARD METHODS 2320 - B	20		25-02-14
Aerobios mezófilos	NMP/100 ml	PE-LSA-05	520		25-02-14
Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca 3111B	22.40		25-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	0.28		25-02-14
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	140		25-02-14
Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	211		25-02-14
Color Aparente	Upt-o	STANDARD METHODS 2120 - C	73		25-02-14
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	46.50	23	25-02-14
DOO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	93	15	25-02-14
Dureza Total	mg CaCO ₃ /l	STANDARD METHODS 2340 - C	32		25-02-14
Fosfatos	mg/l	STANDARD 4500 - P - E METHODS	0.27		25-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD 3500 Fe - 3111B METHODS	0.17		25-02-14
Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Mg - 3111B	9.72		25-02-14
Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO ₃ - E mod	4.70		25-02-14
Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO ₂ - B mod	0.020		25-02-14
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH ₃ B&C - mod	0.39		25-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	8.47	0.08	25-02-14
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	31.2		25-02-14
Sólidos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B	120	13	25-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - SO ₄ - E mod	4.00		25-02-14
Turbidez	NTU	STANDARD METHODS 2130 B	52		25-02-14

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.

Dr. Juan Carlos Lara R.
Técnico L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

ANEXO IV
Resultados de los análisis físico-químicos del agua tratada con filtro de lecho combinado.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 015 – 14

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Roberto Calderón
EMPRESA: CANTARIDA
DIRECCIÓN: Gonzalo Zaldumbide y Alfredo Pareja
TELÉFONO: 032600372

INFORME Nº: 015 – 14
Nº SE: 015– 14
FECHA DE RECEPCIÓN: 11 – 04 – 14
FECHA DE INFORME: 15 – 04 – 14

NÚMERO DE MUESTRAS: 1
IDENTIFICACIÓN: MA – 040 -14

TIPO DE MUESTRA:
Agua de cascada

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 040 -14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	3,62	N/A	11 – 04 – 14
* Color	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	5	N/A	11 – 04 – 14

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO V

Resultados del análisis microbiológico del agua tratada con una dosificación de cloro.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 015 - 14

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Roberto Calderón
EMPRESA: CANTARIDA
DIRECCIÓN: Gonzalo Zaldumbide y Alfredo Pareja
TELÉFONO: 032600372

INFORME Nº: 015 - 14
Nº SE: 015- 14
FECHA DE RECEPCIÓN: 11 - 04 - 14
FECHA DE INFORME: 15 - 04 - 14

NÚMERO DE MUESTRAS: 1
IDENTIFICACIÓN: MA - 040 -14

TIPO DE MUESTRA: Agua de cascada

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 040 -14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2	N/A	11 - 04 - 14
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2	N/A	11 - 04 - 14
* Aerobios mesófilos	UFC/1 ml	PE- LSA- 05	15	N/A	11 - 04 - 14

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

I. S. A. Cammus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

ANEXO VI

DISEÑO ARQUITECTÓNICO

En general, una potabilizadora debe armonizar con su entorno y tener un diseño que facilite su limpieza y cause una buena impresión.

En lo que respecta a los aspectos constructivos, se debe asegurar principalmente la estabilidad e impermeabilidad de las estructuras.

a) En cuanto a la estabilidad debe prestarse atención a:

- Homogeneidad y resistencia del terreno sobre el que se construye el sistema.
- Definición de la carga del terreno.
- Acondicionamiento del terreno previo a la cimentación.
- Drenaje del terreno que permita controlar los escurrimientos.

b) En cuanto a la impermeabilidad debe garantizarse el no alterar la calidad del agua y la pérdida de volúmenes de agua. En especial se debe cuidar:

- Seguridad de la cimentación ante asentamientos y movimientos.
- Establecimientos de juntas constructivas.
- Impermeabilización suficiente en cuanto a los materiales y espesores utilizados.

c) En cuanto a la distribución se deben considerar:

- Organización lógica de acuerdo con una circulación constante del agua y las operaciones previstas.
- Explotación y su economía.
- Equipamiento técnico y de control adecuados.
- Aislamiento ante acciones exteriores.
- Posibilidad de ampliación.
- Estructura sencilla y funcional.
- Cuidando la estética de las unidades con el paisaje circundante.

ANEXO VII
Análisis de costos

SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA COMUNIDADES WAORANI					
PRESUPUESTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
A.	CAPTACIÓN				
1.	Replanteo y Nivelación	m ²	50,00	1,38	69,00
2.	Desbroce y Limpieza	m ²	50,00	1,20	60,00
3.	Excavación a mano de suelo normal	m ³	25,00	9,54	238,50
4.	Muros de sacos de arcilla	m ³	25,00	100,00	2500,00
5.	Suministro y colocación de linder	m ²	35,00	6,00	210,00
6.	Hormigón de fc=180Kg/cm ² con malla de gallinero	m ³	5,00	350,00	1750,00
7.	Suministro y colocación de Geoweb	m ²	5,00	35,00	175,00
8.	Suministro e instalación de tubería PVC 90mm	m	12,00	9,34	112,08
9.	Suministro e instalación de válvulas de compuerta	u	2,00	296,00	592,00
10.	Adaptador macho PVC 90mm x 3in.	u	4,00	9,80	39,20
11.	Malla de cerramiento para paredes	u	2,00	18,06	36,12
	SubTotal Captación				5606,90

SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA COMUNIDADES WAORANI					
PRESUPUESTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
B.	CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA				
1.	Replanteo y nivelación	Km	0,90	300,00	271,20
2.	Desbroce y Limpieza	m ²	904,00	1,20	1084,80
3.	Excavación en zanja a mano	m ³	283,20	9,54	2701,68
4.	Relleno compactado	m ³	280,38	7,86	2203,76
5.	Desalojo del material sobrante	m ³	2,82	11,06	31,17
6.	Tubería PVC – EC 63mm	ml	904,00	5,42	4899,68
7.	Tubería PVC – EC 40mm	ml	6,00	3,29	19,74
8.	CODO PVC 90°	u	4	4,70	18,80
9.	CODO PVC 45°	u	4	5,67	22,68
	Sub Total para conducción de agua cruda				11253,51

SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA COMUNIDADES WAORANI					
PRESUPUESTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
C.	PLANTA DE TRATAMIENTO				
1.	Replanteo y Nivelación	m ²	120,00	1,38	165,60
2.	Desbroce y Limpieza	m ²	120,00	1,20	144,00
3.	Excavación a mano en suelo normal	m ³	11,00	9,54	104,94
4.	Hormigón fc=210Kg/cm ² para piso (incluye hierro y encofrado)	m ³	7,00	600,00	4200,00
5.	Cerramiento de malla	m	44,00	53,10	2336,40
6.	Planta de tratamiento para 4,89 L/s	Global	1	20000,00	20000,00
7.	Malla de cerramiento con cubierta	m	12,00	53,10	637,20
8.	Puerta peatonal	u	1	179,06	179,06
9.	Via de ingreso a planta	Global	1	5000,00	5000,00
	Sub Total para planta de tratamiento				32767,2

SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA COMUNIDADES WAORANI					
PRESUPUESTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
D.	TANQUE DE RESERVA Y DESARENACIÓN				
1.	Excavación a mano de suelo normal	m ³	30,00	9,54	286,20
2.	Tapa sanitaria	u	1,00	49,14	49,14
3.	Hormigón fc= 210Kg/cm ² para piso (incluye hierro y encofrado)	m ³	11,00	600,00	6600,00
4.	Accesorios y válvulas	Global	1,00	1000,00	1000,00
	Sub Total para tanque de reserva y desarenación				7935,34
E.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA				
1.	Excavación a mano de suelo normal	m ³	30,00	9,54	286,20
2.	Tapa sanitaria	u	1,00	49,14	49,14
3.	Hormigón fc= 210Kg/cm ² para piso (incluye hierro y encofrado)	m ³	11,00	600,00	6600,00
4.	Accesorios y válvulas	Global	1,00	1000,00	1000,00
	Sub Total para tanque de reserva y desarenación				7935,34

SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA COMUNIDADES WAORANI					
PRESUPUESTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
F.	RED				
1.	Replanteo y Nivelación	Km	6,37	300,00	1912,38
2.	Excavación en zanja a máquina	m ³	2.970,62	6,86	20378,43
3.	Relleno compactado	m ³	2.957,49	7,86	23245,84
4.	Desalojo del material sobrante	m ³	13,13	11,06	145,23
5.	Tubería PVC-EC 63mm	ml	3247,40	5,42	17600,91
6.	Tubería PVC-EC 50mm	ml	235,00	4,48	1052,80
7.	Tubería PVC-EC 40mm	ml	1422,20	3,28	4664,82
8.	Tubería PVC-EC 32mm	ml	120,00	2,74	328,80
9.	Tubería PVC-EC 25mm	ml	1350,00	1,62	2187,00
10.	Suministro e Instalación de Accesorios red	Global	1	2500,00	2500,00
	Sub Total para planta de tratamiento				74016,21

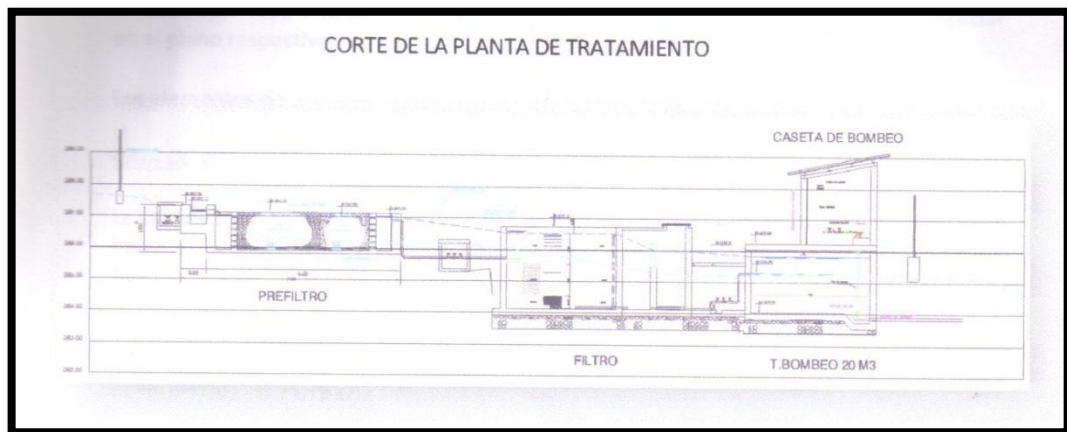
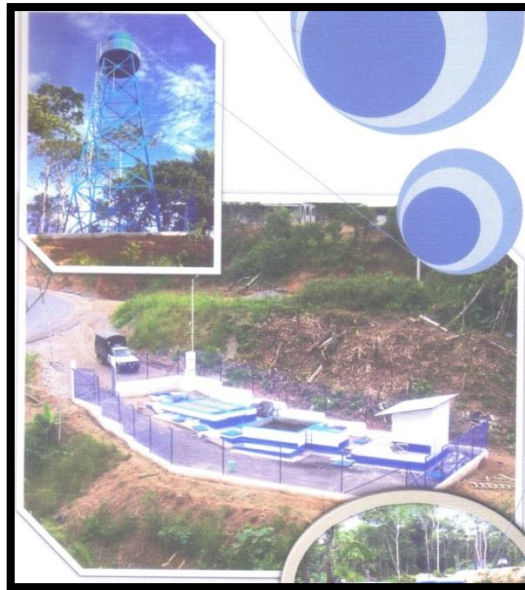
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

139514,5

ANEXO VIII

ALTERNATIVA DE DISEÑO DE AGUA POTABLE

AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE “SAN PEDRO DE DAYUMA”



Esta es una planta de tipo paquete que contara con las siguientes etapas: luego de la captación y represamiento, pasará a un pre-filtro, luego a un filtro y por último a un tanque de desinfección que contará con una caseta de bombeo la cual distribuirá el agua potable a la comunidad, la diferencia entre esta planta y el diseño propuesto en la investigación, es que esta alternativa permitirá disminuir los tiempos de construcción. Por lo tanto se puede utilizar el diseño propuesto como un punto de partida para obtener nuevas alternativas.

ANEXO IX

REPÚBLICA DEL ECUADOR



SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS
REGISTRO DE SOCIEDADES

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE OBLIGACIONES Y EXISTENCIA LEGAL

No. 281256

DENOMINACIÓN DE LA COMPAÑÍA:
CANTARIDA CIA. LTDA

NÚMERO DE EXPEDIENTE: 92225 - 2002 RUC: 1791816641001

DIRECCIÓN: VEINTIMILLA Y 12 DE OCTUBRE # N10-50

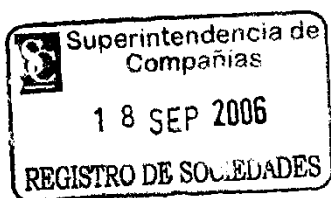
CIUDAD: QUITO TELÉFONO: 2907312

CERTIFICO QUE LA COMPAÑÍA ARRIBA CITADA, HA CUMPLIDO CON LAS DISPOSICIONES CONSTANTES EN LOS ARTÍCULOS 20 Y 449 DE LA LEY DE COMPAÑÍAS VIGENTE.

LA COMPAÑÍA TIENE ACTUAL EXISTENCIA JURÍDICA Y SU PLAZO SOCIAL CONCLUYE EL: 29/01/2052

CERTIFICACIÓN VÁLIDA HASTA EL: 30/04/2007

CAPITAL SOCIAL: USD \$ 400.00



POR LA SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS.

Ximena Valencia Coloma
Delegada del Secretario General

FECHA DE EMISIÓN: 18/09/2006 09:33:10

ADVERTENCIA: CUALQUIER ALTERACIÓN AL TEXTO DEL PRESENTE DOCUMENTO, COMO SUPRESIONES, AÑADIDURAS, ABREVIATURAS, BORRONES O TESTADURAS, ETC. LO INVALIDAN.

ximenav

ANEXO X

Tratabilidad a nivel de laboratorio



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Roberto Calderón	Filtro con lecho combinado		
a: Grava Gruesa b: Grava mediana c: Arena Mediana d: Carbón Activado e: Filtro	Certificado	Por Eliminar		Lámina	Escala	Fecha
	Aprobado	Por Aprobar		01	A4	27/04/14
	Por Calificar	Para Información				

ANEXO XI
Comunidad de Toñampare



a

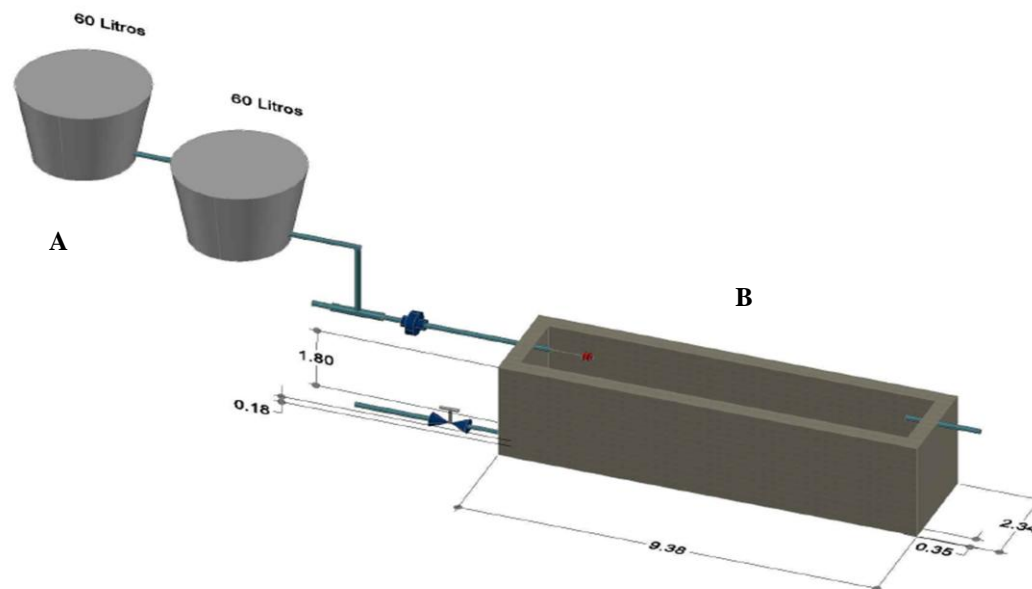


b

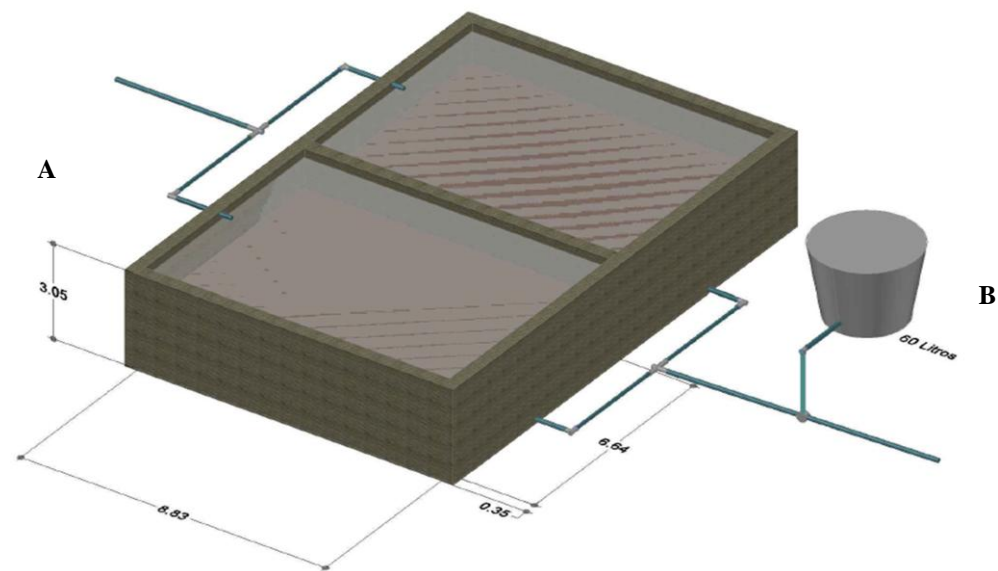
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Roberto Calderón	Toñampare - Pastaza		
a: Toma de la muestra en la fuente o cascada.	Certificado Por Eliminar		Lámina	Escala	Fecha
b: Vista aérea de la comunidad.	Aprobado Por Aprobar Por Calificar Para Información		02	A4	27/04/14

ANEXO XII

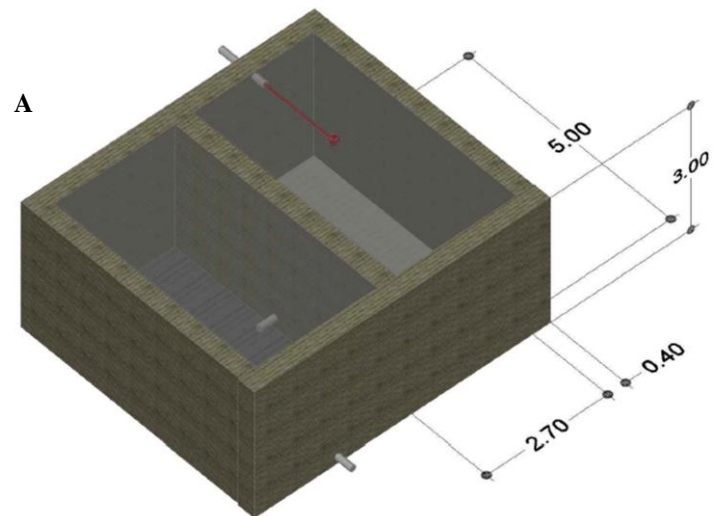
**PLANOS DE LA PROPUESTA DE
LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Roberto Calderón	VISTA DE PLANTA		
				Lámina	Escala	Fecha
				1/4	1:150	02/05/14



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Roberto Calderón	VISTA DE PLANTA		
				Lámina	Escala	Fecha
				2/4	1:150	02/05/14
A: Filtro de 2 unidades lento descendente.	Certificado	Por Eliminar				
	Aprobado	Por Aprobar				
B: Tanque para Desinfección	Por Calificar	Para Información				



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Roberto Calderón	VISTA DE PLANTA		
A: Tanque de Almacenamiento de Agua Tratada				Lámina	Escala	Fecha
				3/4	1:150	02/05/14

